

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

САЙКОВ ДАНИЛО ВОЛОДИМИРОВИЧ

УДК 658.5:624.05

ДИСЕРТАЦІЯ

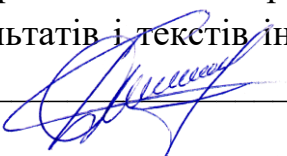
**МОДЕЛІ ОПТИМІЗАЦІЇ ОРГАНІЗАЦІЙНОГО ПРОЦЕСУ
БУДІВЕЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА ПІДРЯДНИХ ОРГАНІЗАЦІЙ
В УМОВАХ НЕСТІЙКОГО РИНКУ УКРАЇНИ**

192 – Будівництво та цивільна інженерія
(шифр та назва спеціальності)

19 – Архітектура та будівництво
(галузь знань)

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

 Д. В. Сайков

Науковий керівник – Арутюнян Ірина Андріївна, доктор технічних наук, професор

Запоріжжя – 2023

АНОТАЦІЯ

Сайков Д. В. Моделі оптимізації організаційного процесу будівельного виробництва підрядних організацій в умовах нестійкого ринку України. – *Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.*

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 192 “Будівництво і цивільна інженерія”. – Запоріжжя, Запорізький національний університет, 2023.

Дисертаційна робота містить нове вирішення актуального науково-прикладного завдання генерації інформаційно-методичного інструментарію оптимізації організаційного процесу будівельного виробництва та формалізації алгоритму критеріальної модифікації показників будівельно-монтажних робіт в умовах нестійкого вітчизняного ринку, що спрямовано на підвищення рівня конкурентоспроможності підрядних підприємств на засадах збільшення загальних обсягів реалізованих будівельних об’єктів. Логіко-структурна база роботи у контексті нестійкого ринку викристалізовує тенденцію векторного розвитку виробничо-організаційного потенціалу підрядних підприємств в парадигмі мінімізації відхилень показників якості, нівелювання критичних точок капіталовкладень, детермінованого розподілення фінансових ресурсів будівельних компаній в локусі підвищення рівня ефективності функціонування організаційної системи будівельно-монтажних робіт протягом усього виробничого циклу будівництва.

Результати дисертаційної роботи підтверджують прийняту гіпотезу щодо можливості оптимізації процесу будівельного виробництва в імплементаційному аспекті генетичного алгоритму, заснованому на методологічних принципах та перевагах еволюційного моделювання, аналітичного та теоретико-методологічного інструментарію оптимізації складних мультикомплексних систем, до яких належить система організаційного процесу будівельного виробництва. Детерміновано високу потенційність гіпотетичних результатів, репрезентованих в площині

модифікації організаційно-економічних показників будівельного виробництва підрядного підприємства за рахунок встановлення лімітів капіталовкладень та регулювання фінансових витрат на реалізацію будівельних робіт, встановлення гнучкої організаційної архітектури економіко-виробничої системи будівельного підприємства на стадіях будівельного циклу, підвищення адаптивності виробничої стратегії підрядних організацій до динамічних трансформацій в галузі.

Проблематика збільшення вартості реалізації будівельно-монтажних робіт, підвищення складності будівельних проєктів, посилення контролінгу термінів їх реалізації сукупно актуалізує диференціацію розподілення фінансових ресурсів в межах організації будівельного виробництва. Відсутність належного теоретико-методологічного базису оптимізації унеможливорює аналіз організаційного процесу з метою створення праксиологічної основи для збільшення рівня конкурентоспроможності підрядних підприємств на ринку будівельних послуг. Сетинг локальної стійкості та необхідності організаційних змін актуалізує генерацію оптимізаційної моделі процесно-орієнтованого розвитку підрядних підприємств.

Аналітична парадигма оптимізації будівельного виробництва визначає організаційний процес як мультикритеріальну структурно-ієрархічну систему, функціонування якої спрямовано на ефективне провадження господарчої діяльності підрядного підприємства із диверсифікацією ризиків нестійкого вітчизняного ринку. Іншими словами, розвиток системи будівельно-монтажних робіт визначає вектор організаційних рішень з метою введення об'єктів будівництва в експлуатацію з відповідними показниками якості в детерміновані строки на засадах оптимального розподілення фінансових витрат, що, в свою чергу, визначило аналітико-методологічний базис та хід подальших досліджень.

В дисертаційній роботі сформовано оптимізаційну задачу, яка визначає ключові критерії організаційного процесу будівельного виробництва в рамках обраної стратегії розвитку підрядних підприємств, охоплює

мультикомплексні аспекти організації будівництва на всіх етапах реалізації об'єкта. Оптимізація детермінованого організаційного процесу має враховувати стохастичні фактори, що в рамках еволюційного моделювання призводить до стійкості системи та потенціалії досягнення запланованих цілей оптимізаційної задачі. Даний підхід є теоретико-методологічною основою для генерації інтеграційної моделі організаційного процесу будівельного виробництва підрядних підприємств у складі єдиної комплексної системи оптимізації будівництва.

Дослідження оптимізації організаційного процесу на підґрунті методологічного інструментарію еволюційного моделювання ініціювало розробку алгоритму інтеграційної моделі оптимізації, яка обґрунтована математичною концепцією генетичного алгоритму та включає наступні процесно-орієнтовані вектори:

- концептуалізація оптимізації як процесу керованої еволюції, де провідною стає задача забезпечення розмноження популяції та отримання найефективнішого нащадка (рішення), схожого на батьківський вектор;
- наявність апріорних знань про пошуковий простір, які можуть бути використані при формуванні початкової популяції;
- ймовірності звуження простору пошуку шляхом кластерізації змінних рішень із подальшою їх агрегацією та детермінація діапазонів чутливості значень регуляторів цільової функції оптимізаційної задачі;
- генерація ефективної конкурентної поведінки агентів-осіб генетичного алгоритму в процесі еволюції популяції, на кшталт поступового згасання непридатних осіб (низькоефективних оптимізаційних рішень).

Поєднання вищезазначених векторів забезпечує синергічний ефект в площині зниження негативного впливу економічних коливань нестійкого ринку та максимального використання доступних фінансових ресурсів підрядного підприємства, декомпозиції організаційного процесу на підсистеми з метою забезпечення його ефективної взаємодії із зовнішнім

середовищем, оптимізації обміну організаційно-економічними та оперативно-інформаційними ресурсами.

В парадигмі даної роботи задля генерації оптимізаційної моделі на засадах генетичного алгоритму еволюційного моделювання було прийнято рішення щодо зведення задачі двокритеріальної оптимізації за принципом “згортання” до однокритеріальної із залежності показників вартості будівельно-монтажних робіт від їх тривалості. Аналіз оптимальної залежності “тривалість-вартість”, дозволив встановити ліміти капітальних вкладень та врегулювати розподілення фінансових ресурсів підрядного підприємства на детермінованих етапах будівництва.

Концептуалізація кластерів генетичного алгоритму продемонструвала ефективність математичного розрахунку щодо пошуку розв’язків задачі оптимізації та форми інтерпретації цільової функції, операторів кросовера, мутації та ймовірностей їх використання, стратегії селективного відбору та методів обчислень шляхом адаптації системи будівельно-монтажних робіт. Вирішальними аспектами стали швидкість ітераційного процесу, стійкість пошуку та здатність поетапного збільшення якості популяції до потрапляння у точки локальних екстремумів. Детермінована математична конфігурація запропонованої моделі посилила праксеологічний базис генетичного алгоритму у вирішенні завдання дискретної оптимізації організаційного процесу з мультимодальною фітнес-функцією за відсутності альтернативних методів рішення стохастичних завдань та репрезентувала наступні методико-аналітичні переваги:

- процесно-розрахункову детермінацію організаційного процесу будівельного виробництва у моделюванні допустимих станів та відстеження траєкторій їхнього розвитку;

- врахування коливань зовнішнього середовища системи будівельно-монтажних робіт, які експліцитно виступають каталізатором еволюції особин популяції, розширюють можливості приросту носіїв бажаних стратегій оптимізації та посилюють тиск на носіїв небажаних;

- інтенсифікацію набуття адаптивності організаційного процесу в умовах найефективніших стратегій, виродженню питомої частини низькоефективних числових векторів розв'язку в популяції.

Наукова новизна роботи обґрунтована розробкою інтеграційної моделі оптимізації організаційного процесу будівельного виробництва, яка базується на організаційних аспектах регулювання розподілення капіталовкладень на детермінованих етапах реалізації будівельного об'єкта, виступає аплікативним інструментарієм оптимізації будівельного виробництва підрядних підприємств в умовах нестійкого вітчизняного ринку та *вперше детермінує наступні науково-методологічні аспекти:*

- комбінації нормативно-проектних засад календарного планування та стратегічно-послідовного регулювання процесу організації будівельного виробництва шляхом встановлення лімітів капіталовкладень;

- комплексної імплементаційної бази генетичного алгоритму задля генерації та формування теоретико-методологічних параметрів оптимізації організаційного процесу (вірогідність схрещування та ймовірність мутації особин, частка генів у мутації, варіативність модифікацій операторів кросовера та мутації) в парадигмі динамічних трансформацій вітчизняного будівельного ринку;

- інструментарію прогнозування розвитку популяцій та пошуку ефективного оптимізаційного рішення (контрольні графіки змінності поколінь особин та стабілізації процесу пошуку розв'язку задачі) з метою підвищення рівня конкурентної спроможності підрядних підприємств за рахунок зростання адаптогенності системи будівельно-монтажних робіт.

Удосконалено методологічну платформу критеріальної оптимізації показників організаційного процесу в площині “тривалість-вартість”, що обґрунтована інтеграцією науково-методологічного доробку еволюційного моделювання в сетинг календарного планування будівельного виробництва.

Дістав подальшого розвитку модельно-імплементаційний базис генетичного алгоритму в розрізі оптимізації будівельного виробництва, що

потенціює збільшення конкурентоспроможності підрядних підприємств, посилення гнучкості організаційного процесу в умовах динамічних трансформацій ринку будівельних послуг.

Практична цінність роботи репрезентована розробкою інтеграційної моделі оптимізації організаційного процесу будівельного виробництва на засадах встановлення лімітів капіталовкладень та регулювання розподілення фінансових витрат підрядних підприємств протягом усього циклу реалізації будівельного об'єкта. Результати дослідження імплементовані до методологічного підходу оптимізації будівельного виробництва на засадах еволюційного моделювання з метою підвищення адаптивності підрядних підприємств до сучасних умов будівельного ринку.

Результати дисертаційної роботи впроваджено на ПП “АЛСТЕП” (м. Запоріжжя) при розробці проєктно-кошторисної документації об'єкта будівництва “Капітальний ремонт житлового будинку по вул. Сталеварів, 16 з відновленням несучих конструкцій після потрапляння боєприпасів в м. Запоріжжя. І черга” та ТОВ “АБК МЕГА” (м. Запоріжжя) в систему управління та модифікації процесу організації будівельно-монтажних робіт, в межах навчального процесу Запорізького національного університету.

Основні результати дисертації з належною повнотою відображені у 17 наукових працях, з яких 2 статті опубліковано в іноземних виданнях та 7 робіт опубліковано у збірниках наукових робіт, що включені до переліку фахових видань ДАК МОН України категорії «Б», опубліковано 8 матеріалів та тез доповідей на наукових конференціях.

Кваліфікаційна робота була завершена під час повномасштабного вторгнення в Україну та присвячується всім українським захисникам та захисницям, матері автора, без яких даний рукопис був би неможливим.

Ключові слова: організація будівельного виробництва, нестійкий ринок, конкурентоспроможність, підрядне підприємство, модель оптимізації, генетичний алгоритм

ABSTRACT

Saikov D. V. Optimisation models of the building production organisational process of contracting companies in the conditions of Ukrainian unstable market. – *Qualifying scientific work on manuscript rights.*

The PhD degree thesis in specialty 192 “Construction and Civil Engineering”. – Zaporizhzhia, Zaporizhzhia National University, 2023.

The PhD thesis contains a new solution to the current scientific and applied task of generating an informational and methodological toolkit for optimising the organisational process of the building production and formalising the algorithm for criterion modification of construction works indicators in the conditions of an unstable domestic market, which is aimed at the high level of competitiveness of contracting companies on the basis of increasing the total volume of finished construction works. The logical and structural work basis in the context of an unstable market crystallises the trend of development vector of the production and organisational contractors potential in the paradigm of minimising deviations of quality indicators, levelling critical points of capital investments, deterministic distribution of financial resources of contractors in the locus of increasing the efficiency functioning level of the construction works system throughout the production cycle.

The results of the research confirm the accepted hypothesis regarding the possibility of optimising the building production process in the implementation aspect of the genetic algorithm, based on the methodological principles and advantages of evolutionary modelling, analytical and methodological tools for the complex systems optimisation to which the organisational process of building production belongs. It had been determined the high potential of hypothetical results, represented in the plane of improving the economic indicators of the building production by contracting companies due to the establishment of capital investment limits and a regulation of the construction works costs, the establishment of a flexible organisational architecture of the economic and

production system of the construction companies at the stages of the production cycle, increasing the adaptability of the organisational strategy of the contractors to dynamic transformations in the industry.

The problems of increasing the construction work costs, the complexity of projects, and the intensification of controlling the terms of their realisation collectively actualise the differentiation of the financial resources distribution within the building production. The lack of a proper theoretical and methodological basis for optimisation makes it impossible to analyse of the organisational process in order to create a practical basis for increasing the level of competitiveness of contracting companies in the market. The setting of local sustainability and the need for organisational changes actualises the generation of an optimisation model for the process-oriented development of contractors.

The analytical paradigm of the building production optimisation defines the organisational process as a multi-criteria hierarchical system, the functioning of which is aimed at the effective implementation of the economic activity of the contracting companies with the risks diversification of the unstable Ukrainian market. In other words, the development of the construction works system determines the vector of organisational solutions for the purpose of putting construction projects into operation with the appropriate quality indicators in time on the basis of the optimal distribution of costs, which, in turn, determined the analytical and methodological basis and the course of further research.

In the PhD thesis, an optimisation task was formed, which defines the key criteria of the organisational process of building production within the framework of the chosen strategy for the development of contracting companies, and covers multi-complex aspects of the organisation of construction at all stages of project realisation. The optimisation of deterministic organisational process should take into account stochastic factors, which in the framework of evolutionary modelling leads to the stability of the system and the potential for achieving the planned goals of the optimisation task. This approach is a theoretical and methodological basis

for the generation of an integration model of the building production for contracting companies as part of a single complex system of optimisation.

The study of the organisational process optimisation on the basis of the methodological tools of evolutionary modelling initiated the development of the algorithm of the integration optimisation model, which is based on the mathematical concept of the genetic algorithm and includes the following process-oriented vectors:

- conceptualisation of the optimisation stages as a process of controlled evolution, where the leading task is to ensure the reproduction of the population and obtain the most effective offspring (solution), similar to the parent vector;
- availability of a priori knowledge about the search space, which can be used in the formation of the initial population;
- probability of narrowing the search space by clustering the variable solutions with their further aggregation and determination of the sensitivity ranges of the values of the regulators of the target function of the optimisation problem;
- organisation of effective competitive behaviour of agents-individuals of the genetic algorithm in the process of population evolution, such as the gradual extinction of unfit individuals (optimisation solutions).

The combination of the above-mentioned vectors provides a synergistic effect in terms of reducing the negative impact of economic fluctuations of an unstable market and maximising the use of available financial resources of the contractor, decomposition of organisational process into subsystems in order to ensure its effective interaction with the external environment, optimisation of the exchange of economical and informational resources.

In the paradigm of the work, in order to generate an optimisation model based on the genetic algorithm of evolutionary modelling, it had been made the decision to reduce the problem of two-criteria optimisation according to the principle of “collapse” to a single-criteria one based on the dependence of the construction works indicators cost on the duration. The analysis of the optimal dependence “duration-cost” made it possible to establish capital investment limits

and regulate the resources distribution of the contractor at deterministic stages of production cycle.

The conceptualisation of clusters of the genetic algorithm demonstrated the effectiveness of mathematical calculation in finding solutions to the optimisation problem and the form of the fitness function interpretation, crossover operators, mutations and the probabilities of their use, selective strategies and calculation methods by adapting the construction works system. The decisive aspects were the speed of the iterative process, the stability of the search, and the ability to gradually increase the quality of the population until reaching the points of local extremes. The deterministic mathematical configuration of the proposed model strengthened the practical basis of the genetic algorithm in solving the task of discrete optimisation of organisational process with a multimodal fitness function in the absence of alternative methods for solving stochastic tasks and represented the following methodological and analytical advantages:

- process-calculation determination of the organisational process of building production in the creation of permissible states and tracking of their development trajectories;

- taking into account the fluctuations of the external environment of the construction works system, which explicitly act as a catalyst for the evolution of individuals of the population, expand the opportunities for the growth of carriers of desirable optimisation strategies and increase the pressure on carriers of undesirable ones;

- intensification of the acquisition of adaptability of organisational process in the conditions of the most effective strategies, the degeneration of a specific part of the low-effective numerical solution vectors in the population.

The scientific novelty of the work is identified on the development of an integration model for the organisational process optimisation of building production, which is based on the organisational aspects of the regulation of the distribution of capital investments at the deterministic stages of the project realisation, acts as an instrument of the building production optimisation for

contracting companies in the conditions of an unstable domestic market, and for the first time determines the following scientific and methodological aspects:

- combinations of regulatory and project principles of calendar planning and strategic and sequential regulation of the building production organisation process by setting capital investment limits;
- complex implementation base of the genetic algorithm for the generation and formation of theoretical and methodological parameters for the organisational process optimisation (the probability of crossing and the probability of individuals mutation, the proportion of genes in mutation, the modifications variability of crossover and mutation operators) in the paradigm of dynamic transformations of the domestic construction market;
- toolkit for forecasting the development of populations and finding the optimal optimisation solution (control charts of variability of generations of individuals and stabilisation of the finding a solution process to the problem) in order to increase the level of competitiveness of contractors due to the increase in adaptogenicity of the construction works system.

The methodological platform for criterion optimisation of the organisational process indicators in the “duration-cost” plane has been improved, which is substantiated by the integration of the scientific and methodological achievements of evolutionary modelling into the setting of the calendar planning.

It has been obtained for further development the model-implementation basis of genetic algorithm for the optimisation of building production, which potentiates the increase in the competitiveness of contractors, the strengthening of the flexibility of organisational processes in the dynamic transformations conditions of the construction market.

The practical value of the work is represented by the development of an integration model for optimising the building production organisational process on the basis of setting capital investment limits and regulating the costs distribution of contractors throughout the production cycle. The results of the study are implemented in the methodological approach of building production optimisation

on the basis of evolutionary modelling in order to increase the adaptability of contracting companies to modern conditions of the construction market.

The work results were implemented at *ALSTEP*, PE (Zaporizhia) during the development of project documentation *Kapitalnyi remont zhytlovoho budynku po vul. Stalevariv, 16 z vidnovlenniam nesuchykh konstruktsii pislia potrapliannia boieprypasiv v m. Zaporizhzhia. I cherha* and *ABK MEGA*, LLC (Zaporizhia) in the system of management and the organisation process modification of building production, within the educational process of Zaporizhzhia National University.

The main results of the PhD thesis are fully reflected in 17 scientific works, of which 2 articles were published in foreign journals and 7 works were published in journals included in the list of professional publications by the Ministry of Education and Science of Ukraine of category *B*, it were published 8 materials and abstracts of reports at scientific conferences.

The work was completed during a full-scale invasion in Ukraine and is dedicated to all Ukrainian men and women defenders, the author's mother, without whom this manuscript would not have been possible.

Key words: building production, unstable market, competitiveness, contracting company, optimisation model, genetic algorithm

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті в наукових періодичних виданнях інших держав із напрямку, з якого підготовлено дисертацію:

1. Innovative models of choice and substantiation of adoption of optimal organizational-technological decisions of construction production / I. Arutiunian and other. *Journal of Critical Reviews*. 2020. Vol. 7, № 14. P. 506-508. Видання індексується в OAI, CNKI (China Knowledge Resource Integrated Database), LOCKKS, Open J-Gate, Google Scholar, OCLC (World Digital Collection Gateway), UIUC. DOI: 10.31838/jcr.07.14.87. Особистий внесок автора: формалізовано використання квазілінійної оптимізаційної моделі, яка розглядає низку будівельних процесів у вигляді комплексної системи організаційних робіт, характеризуються комплексом ключових параметрів будівельного виробництва.

2. Development of a mathematical model for selection and rationale for making optimal construction decisions / I. Arutiunian and other. *Advances in Mathematics: Scientific Journal*. 2020. Vol. 9, № 12. P. 10649-10659. Видання індексується в Scopus, Zentralblatt MATH, Worldcat, MathSciNet (Mathematical Review). DOI: 10.37418/amsj.9.12.50. Особистий внесок автора: встановлено потенційність впливу організаційних, технологічних та економічних рішень на трудомісткість і собівартість будівельного виробництва, у тому числі запропоновано проведення оцінки економічної доцільності здійснення додаткових інвестицій в межах оптимізації будівельного виробництва.

Статті у наукових фахових виданнях України категорії «Б», які включено до міжнародних наукометричних баз:

3. Детермінація концептуальних підходів щодо облігаторності впровадження оптимізаційних моделей будівельного виробництва для вітчизняних підрядних підприємств / А. В. Радкевич та ін. *Мости та тунелі:*

теорія, дослідження, практика. 2017. Вип. 12. С. 78–86. Видання індексується в CrossRef, Ulrichsweb Global Serials Directory, WorldCat, Google Scholar. DOI: 10.15802/bttrp2017/167826. Особистий внесок автора: запропоновано аналітико-теоретичні засади з актуалізації та концептуалізації впровадження оптимізаційних моделей та створення принципово нових підходів до модернізації організаційних процесів будівельного виробництва.

4. Радкевич А. В., Арутюнян І. А., Сайков Д. В. Моделі оптимізації організаційних процесів будівельного виробництва підрядних підприємств України. *Управління розвитком складних систем*. 2018. Вип. 33. С. 124–130. Видання індексується в Bielefeld Academic Search Engine (BASE), Ulrichsweb Global Serials Directory, Index Copernicus, Google Scholar. DOI: 10.32347/2412-9933.2018.33. Особистий внесок автора: продемонстровано наукову доцільність впровадження програмних модулів як інноваційної моделі оптимізації з метою розв’язання організаційних задач будівельного виробництва.

5. Радкевич А. В., Арутюнян І. А., Сайков Д. В. Оптимізація організаційних процесів будівельного виробництва як формотворча складова конкурентоспроможності підрядних підприємств. *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин*. 2018. Вип. 35. С. 64–73. Видання індексується в Google Scholar, Base. DOI: 10.32347/2707-501x.2018.35.64-73. Особистий внесок автора: проаналізовано сучасні оптимізаційні моделі будівельного виробництва, підтверджено доцільність їх впровадження та запропоновано методологічні підходи до оцінки ефективності їх імплементації.

6. Радкевич А. В., Арутюнян І. А., Сайков Д. В. Аналіз концепції формування рівня конкурентоспроможності підрядних підприємств України в умовах динамічних трансформацій вітчизняного будівельного ринку послуг. *Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика*. 2018. Вип. 14. С. 37–48. Видання індексується в CrossRef, Ulrichsweb Global Serials Directory, WorldCat, Google Scholar. DOI: 10.15802/bttrp2019/152872. Особистий внесок автора: надано визначення нестійкої кон’юнктури

будівельного ринку України, проаналізовано формотворчі аспекти, що зумовлюють трансформацію будівельного виробництва, їх вплив на рівень ефективності господарювання будівельних організацій.

7. Радкевич А. В., Арутюнян І. А., Сайков Д. В. Концептуалізація теоретико-методологічної парадигми розрахунку будівельного заділу в розрізі імплементаційних засад оптимізації організаційних процесів будівельного виробництва підрядних підприємств. *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин*. 2019. Вип. 39, ч. 1. С. 51–59. Видання індексується в Google Scholar, Base. DOI: 10.32347/2707-501x.2019.39.51-59. Особистий внесок автора: проведено аналіз структури системи організаційних процесів будівельного виробництва в умовах динамічних трансформацій ринку в галузі, виокремлено детерміновані зовнішні фактори впливу на структурні елементи зазначеної системи.

8. Arutiunian I. A., Dankevych N. O., Saikov D. V. Efficiency evaluation of organisational processes system in a building production with simulation modeling for contracting companies. *Bridges and Tunnels: Theory, Research, Practice*. 2021. Vol. 19. P. 99–107. Видання індексується в CrossRef, Ulrichsweb Global Serials Directory, WorldCat, Google Scholar. DOI: 10.15802/bttrp2021/233993. Особистий внесок автора: формалізовано методологічні підходи щодо оптимізації організаційних процесів будівельного виробництва, які засновані на встановленні чіткого математичного взаємозв'язку між підрозділами функціональної структури та визначенні ієрархії стратегій підрядної організації.

9. Сайков Д. В. Концептуальні формації оптимізаційної моделі організації будівельного виробництва підрядних підприємств на платформі еволюційного моделювання. *Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика*. 2022. Вип. 21. С. 87–96. Видання індексується в CrossRef, Ulrichsweb Global Serials Directory, WorldCat, Google Scholar. DOI: 10.15802/bttrp2022/258273.

Праці апробаційного характеру:

10. Сайков Д. В. Оптимізація будівельного виробництва підрядних організацій на базі програмних модулів. *Перезавантаження будівництва: економіка, організація, менеджмент* : програма та тези доп. III Міжнар. наук.-практ. конф., 15-16 лист. 2017 р. Київ : КНУБА, 2017. С. 152–155.

11. Saikov D. V., Arutiunian I. A. Enhancing the competitiveness level of contracting companies based on optimization for organizational processes of building production. *Formation of Educational Space in the Conditions of Informational Society* : Materials of the International Scientific and Practical Internet Conference, April 26-27, 2018. Zaporizhzhia : ZSEA, 2018. P. 76–77. Особистий внесок автора: встановлено, що організація будівельного виробництва становить основу економічної діяльності підрядної організації в умовах нестабільної ринкової ситуації, має функціональну спрямованість на забезпечення конкурентоспроможних будівельних послуг.

12. Радкевич А. В., Арутюнян І. А., Сайков Д. В. Асиміляція теоретичних засад розрахунку будівельного заділу до методології оптимізаційних моделей організації будівельного виробництва вітчизняних підприємств. *Ефективні технології в будівництві* : програма та тези доп. IV Міжнар. наук.-техн. конф., 27-28 бер. 2019 р. Київ : Видавництво Ліра-К, 2019. С. 80–81. Особистий внесок автора: аналіз методологічної парадигми розрахунку моделі оптимізації як потужного інструмента для регулювання тривалості та фінансування будівництва, фактора підвищення ефективності та стійкості системи організації будівельного виробництва.

13. Сайков Д. В., Арутюнян І. А. Впровадження оптимізаційних моделей як метод контролінгу та забезпечення показників організаційних процесів будівельного виробництва. *Наукові та практичні підходи до проведення економічних, товарознавчих, будівельних експертиз* : матеріали круглого столу, 24 квіт. 2019 р. Запоріжжя : ЗНУ, 2019. С. 60–64. Особистий внесок автора: сформовано концепцію економіко-будівельної ніші України, в межах якої розв'язання макроекономічних та правових питань потребує

активного державного регулювання, в той час як підвищення конкурентної спроможності підрядних компаній корелюється імплементаційним підходом на засадах створення та впровадження програмних модулів оптимізації будівельно-монтажних процесів.

14. Радкевич А. В., Арутюнян І. А., Сайков Д. В. Становлення сучасних регіональних будівельних ринків в умовах динамічних економічних перетворень. *Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту* : матеріали 79-ої Міжнар. наук.-практ. конф., 16-17 трав. 2019 р. Дніпро : ДНУЗТ, 2019. С. 267–269. Особистий внесок автора: обґрунтовано структурування регіональних будівельних ринків в площині конкурентних підрядних підприємств, які включені в систему централізованого управління будівельним комплексом шляхом укладання підрядних та субпідрядних угод, репрезентовано актуальність теоретико-методологічного підходу розв’язання задачі оптимізації системи організаційного процесу на базі контролінгу термінів введення в експлуатацію об’єктів будівництва.

15. Radkevych A. V., Arutiunian I. A., Saikov D. V. Modern approach in optimization for organization of building production of contracting companies. *Economic-Administrative and Informative-Analytical Innovations in Construction* : Conference Program and Papers of the International Scientific-Practical Conference, May 23-24, 2019. Kyiv : KNUCA. P. 41–42. Особистий внесок автора: запропонована розробка методології генерації часових і ресурсних резервів будівництва, що підвищує рівень надійності системи організаційного процесу будівельного виробництва.

16. Arutiunian I. A., Saikov D. V. The place of building term reserve in concept of organizational processes optimization for building production of contracting companies. *Eastern European Conference of Management and Economics* : Proceedings of the 1st International Scientific Conference, May 24, 2019. Ljubljana : LSB. P. 159–161. Особистий внесок автора: деконструйовано проблематику збільшення обсягів будівельно-монтажних робіт, підвищення складності будівельних проєктів, зростання терміну їх реалізації, що сукупно

актуалізує диференціацію матеріально-трудових ресурсів в межах організації будівельного виробництва, обґрунтовано потребу розробки системи оцінки рівня надійності організаційного процесу будівельного виробництва.

17. Saikov D. V. Logocentric paradigm of evolutionary modeling implementation in locus of construction production optimisation. *Formation of Modern Concepts for Organisation Management and Administration in Digitalisation Conditions* : Proceeding of International Scientific and Practical Conference, September 23-24, 2021. Zaporizhzhia : ZNU, P. 679–683. Особистий внесок автора: доведено обліigatorність імплементації оптимізаційних моделей задля підвищення ефективності часових та вартісних показників організаційного процесу, запропоновано методологію еволюційного моделювання для розробки оптимізаційної моделі раціонального розподілу матеріальних ресурсів будівельного виробництва.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	22
РОЗДІЛ 1. ЛОГОЦЕНТРИЧНА ПАРАДИГМА ОПТИМІЗАЦІЇ ОРГАНІЗАЦІЙНОГО ПРОЦЕСУ БУДІВЕЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА ПІДРЯДНИХ ПІДПРИЄМСТВ УКРАЇНИ	
1.1. Аналіз кон'юнктури вітчизняного будівельного ринку в межах інтенсифікації економічних перетворень	29
1.2. Концептуалізація генезису будівельного виробництва в локусі нестійкого ринку України	38
1.3. Ідентифікація облігаторності модернізації організаційного процесу на засадах формотворення рівня конкурентоспроможності підрядних підприємств	46
Висновки по розділу 1.....	52
РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ТА ПРАКСЕОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ОПТИМІЗАЦІЇ ОРГАНІЗАЦІЙНОГО ПРОЦЕСУ В БУДІВНИЦТВІ	
2.1. Інтерпретація аналітико-теоретичних засад оптимізації організаційного процесу	55
2.2. Дефініція метода оптимізації організаційного процесу із врахуванням умов формування вітчизняного будівельного виробництва	61
2.3. Детермінація критеріїв оптимізації будівельного виробництва підрядних підприємств в дискурсі динамічних трансформацій будівельного ринку України..	67
Висновки по розділу 2.....	72
РОЗДІЛ 3. ІНТЕГРАЦІЙНА РОЗРОБКА МОДЕЛІ ОПТИМІЗАЦІЇ БУДІВЕЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА ПІДРЯДНИХ ПІДПРИЄМСТВ НА БАЗІ ЕВОЛЮЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ	
3.1. Аналітико-математичні критерії розробки моделі оптимізації організаційного процесу на засадах генетичного алгоритму.....	74
3.2 Генерація математичної концепції оптимізаційної задачі	79
3.3. Формалізація алгоритму оптимізації організаційного процесу будівельного виробництва	85
Висновки по розділу 3.....	92

РОЗДІЛ 4. МОНІТОРИНГ РОЗРАХУНКОВИХ КРИТЕРІЇВ ТА ВЕРИФІКАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТІ ІНТЕГРАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ ОПТИМІЗАЦІЇ

4.1. Ініціація автоматизованого розрахунку критеріальної задачі оптимізації будівельного виробництва на засадах генетичного алгоритму	95
4.2. Аналітична валідація показників ефективності впровадження результатів дослідження.....	109
Висновки по розділу 4.....	118
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	121
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	128
ДОДАТКИ	142

ВСТУП

Актуальність теми. Конкурентоспроможність виступає як ключовий фактор будівельного ринку, ідентифікує адаптогенність підрядних підприємств до динамічних трансформацій в галузі. Сетинг локальної стійкості та необхідність постійних організаційних змін підтверджує доцільність створення інтеграційної моделі процесно-орієнтованого розвитку підрядних підприємств. Специфіка організаційного процесу вимагає суттєвого перегляду концепцій та імплементаційних засад оптимізації будівельного виробництва.

Питання теоретико-методологічного обґрунтування та формування праксеологічних рекомендацій в розрізі інструментарію оптимізації будівельного виробництва розглядалися в працях вітчизняних науковців та науковиць: О. А. Тугая, В. А. Карнауха, Н. В. Коваль, І. О. Бобирь, П. Є. Григоровського, О. В. Мурасьової, А. О. Зуб, О. В. Регіди, Ю. М. Червякова, О. І. Менеїлюк, О. Л. Нікіфорова, Д. В. Костенко, А. Г. Забуги, І. Д. Павлова, Р. Ю. Жалдак, О. Л. Сverdленко, М. А. Дружиніна, М. Ю. Ніколаєвої, О. В. Мірутенко, І. А. Арутюнян, Н. О. Данкевич, А. В. Радкевича, Р. В. Шевченко та ін. Науковим доробком авторів та авторок закладено теоретичні основи оптимізації будівельного виробництва, визначено методологічний базис імплементації оптимізаційних моделей в розрізі реалізації будівельних об'єктів.

Науково-літературний генезис оптимізації будівельного виробництва акумулював значну кількість методів для розв'язання оптимізаційних задач, спрямованих на вирішення практичних питань в площині оцінки тривалості робіт та розподілу матеріально-технічних ресурсів в неструктурованих або слабо структурованих умовах. Сучасний етап розвитку будівельної галузі апелює до питань оптимізації будівельного виробництва в розрізі імплементації математичних інструментальних методів. Вибір оптимальних рішень в умовах складних ймовірнісних динамічних систем, до яких відносять організаційний процес, неможливий без належного розуміння

завдань, що виникають в організаційно-економічній діяльності підрядних підприємств. Додаткового розгляду потребує питання модифікації та генерації принципово нових оптимізаційних моделей організаційного процесу задля підвищення рівня конкурентоспроможності підрядних підприємств. Контекст методологічних засад оптимізації організаційного процесу має виражену специфіку, яка спрямована на раціоналізацію та детермінацію вартості будівельно-монтажних робіт на всіх етапах виробничого циклу. Окреслений сетинг досягається шляхом інтеграції методів багатокритеріального стратегічного планування до методологічних засад оптимізаційних моделей будівельного виробництва.

Оптимізація детермінованого організаційного процесу має враховувати стохастичні фактори, що в межах загальноприйнятих методів математичного моделювання призводить до невизначеності системи та потенціації ризику не досягнути запланованих цілей оптимізаційної задачі. Потреба у розв'язанні задач з використанням автоматизованих програмних комплексів, заснованих на алгоритмах більш складних моделей оптимізації, підтверджує актуальність дисертаційної роботи.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота відповідає напрямку організації та стратегічного розвитку будівельного виробництва в частині постанови Кабінету Міністрів України від 25 квітня 2023 р. № 382 “Про реалізацію експериментального проекту щодо відновлення населених пунктів, які постраждали внаслідок збройної агресії Російської Федерації”, постанови Кабінету Міністрів України від 28 липня 2023 р. № 790 “Деякі питання відновлення інфраструктури”.

Обраний напрямок дослідження, його мета та завдання повністю відповідають тематиці науково-дослідних та системно-пошукових робіт кафедри промислового та цивільного будівництва Запорізького національного університету, при функціональному провадженні яких автор брав участь за наступною тематикою: “Розробка та удосконалення технологічно-організаційно-економічних систем для підвищення ефективності

розвитку будівельної галузі України” (номер державної реєстрації № 2-ДВ/20, 2020 р.).

Метою роботи є оптимізація організаційного процесу будівельного виробництва підрядних підприємств в умовах нестійкого вітчизняного ринку шляхом генерації інтеграційної моделі регулювання розподілення капіталовкладень протягом циклу реалізації будівельного об'єкта.

Для досягнення поставленої мети в межах дослідження було вирішено наступні завдання:

- виконати аналіз кон'юнктури будівельного ринку України в межах інтенсифікації економічних перетворень;
- визначити концепцію генезису будівельного виробництва в локусі облігаторності оптимізації організаційного процесу на засадах формотворення рівня конкурентоспроможності підрядних підприємств;
- здійснити інтерпретацію аналітико-теоретичних засад оптимізації організаційного процесу вітчизняного будівельного виробництва;
- детермінувати метод оптимізації будівельного виробництва в дискурсі динамічних трансформацій будівельного ринку;
- визначити аналітико-математичні критерії розробки моделі оптимізації організаційних процесів на засадах обраного теоретико-методологічного базису;
- виконати формалізацію алгоритму оптимізації організаційного процесу будівельного виробництва підрядних підприємств;
- ініціювати автоматизований розрахунок згенерованої моделі оптимізації системи будівельно-монтажних робіт в межах виробничої програми підрядних підприємств;
- провести аналітико-праксеологічну валідацію імплементаційної ефективності запропонованої моделі оптимізації.

Об'єктом дослідження є модель оптимізації організаційного процесу підрядних підприємств в розрізі рівномірного розподілення капіталовкладень протягом реалізації об'єкта будівництва в умовах нестійкої

кон'юнктури вітчизняного ринку, **предметом** – аналітико-статистичні, теоретичні та науково-методологічні підходи оптимізації організаційного процесу будівельного виробництва на засадах підвищення рівня конкурентоспроможності підрядного підприємства.

Методи дослідження. Для досягнення поставленої мети використано загальнонаукові та спеціальні методи досліджень. Оцінку кон'юнктури вітчизняного будівельного ринку в площині економічних трансформацій проведено на підґрунті індексно-факторного аналізу. Методом експертних оцінок детерміновано засади оптимізації організаційного процесу в дискурсі динамічних трансформацій будівельного ринку, зокрема критерії розробки оптимізаційної моделі визначено в межах кластерного аналізу. Математичні принципи генетичного алгоритму згенерували формалізацію розв'язання задачі оптимізації організаційного процесу будівельного виробництва, а комп'ютерне програмування ініціювало автоматизацію розрахунку запропонованої моделі в межах виробничої програми підрядних підприємств. На засадах емпіричного методу було проведено аналітико-праксеологічну валідацію імплементаційної ефективності розробленої моделі оптимізації.

Інформаційно-теоретичною базою дослідження є наукові праці вітчизняних та іноземних вчених в площині організації будівельного виробництва, календарно-стратегічного планування та моделювання оптимізації організаційного процесу в сфері будівництва, аналітико-статистичні дані з публічних джерел інформації; проекти організації будівництва (ПОБ) та виконання робіт (ПВР); публікації, звіти підрядних та проєктно-будівельних організацій.

Додатково в низці методичних складових дослідження використано комплексний підхід при формуванні рекомендацій щодо імплементації моделі оптимізації організаційного процесу будівельного виробництва на засадах підвищення конкурентоспроможності підрядних підприємств.

Наукова новизна роботи полягає у поглибленні існуючих та обґрунтуванні нових теоретико-методологічних принципів розробки моделей

оптимізації організаційного процесу будівельного виробництва, які базується на концептуальних аспектах регулювання розподілення капітальних вкладень на детермінованих етапах реалізації будівельного об'єкта.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у тому, що
вперше:

- реалізовано комбінацію нормативно-проектних засад календарного планування та параметрів стратегічного розвитку підрядних підприємств шляхом впровадження критеріальної регуляції організаційного процесу впродовж циклу реалізації об'єкта будівництва в умовах економічних коливань вітчизняного ринку;

- сформовано мультикомплексну теоретико-імплементативну базу генетичного алгоритму задля генерації аналітико-методологічних параметрів оптимізації організаційного процесу в імперативному сетингу підвищення рівня конкурентоспроможності підрядних підприємств;

удосконалено:

- методологічну платформу критеріальної оптимізації показників будівельно-монтажних робіт в площині “тривалість-вартість”;

- інтеграцію науково-методологічної бази еволюційного моделювання в сетинг організаційно-стратегічного планування будівельного виробництва;

дістав подальшого розвитку:

- імплементативний дискурс теоретико-методологічних параметрів оптимізації організаційного процесу будівельного виробництва в умовах динамічних трансформацій будівельного ринку України;

- модельно-імплементативний базис генетичного алгоритму в площині критеріальної модифікації будівельного виробництва;

- інструментарій прогнозування розвитку популяцій генетичного алгоритму та пошуку ефективного оптимізаційного рішення.

Практичне значення одержаних результатів полягає у розробці моделі оптимізації організаційного процесу будівельного виробництва на засадах встановлення лімітів капіталовкладень та регулювання розподілення

фінансових витрат підрядних підприємств протягом усього циклу реалізації будівельного об'єкта. Результати дослідження імплементовані до методологічного підходу оптимізації будівельного виробництва на засадах генетичного алгоритму з метою зниження негативного впливу економічних коливань нестійкого ринку та максимального використання доступних організаційно-економічних ресурсів підрядного підприємства. Кластеризація методології генетичного алгоритму продемонструвала ефективність розрахунку в площині пошуку розв'язків задачі оптимізації та форми інтерпретації цільової функції, операторів кросовера, мутації та ймовірностей їх використання, стратегії селекції та методів обчислень шляхом адаптації системи будівельно-монтажних робіт.

Результати дисертаційної роботи впроваджено на ПП “АЛСТЕП” (м. Запоріжжя) при розробці проєктно-кошторисної документації об'єкта будівництва “Капітальний ремонт житлового будинку по вул. Сталеварів, 16 з відновленням несучих конструкцій після потрапляння боєприпасів в м. Запоріжжя. І черга” та ТОВ “АБК МЕГА” (м. Запоріжжя) в систему управління та модифікації процесу організації будівельно-монтажних робіт, в межах навчального процесу Запорізького національного університету.

Особистий внесок здобувача. Всі положення, що виносяться на захист, отримані автором особисто. Теоретичне обґрунтування, наукові результати, практичні розробки, висновки та рекомендації, репрезентовані у роботі, належать автору, є його теоретичним та практичним внеском у науковий дискурс організації промислового і цивільного будівництва.

Апробація роботи. Основні теоретичні положення та результати наукового дослідження автора з теми дисертації апробовані та отримали позитивну оцінку на III Міжнародній науково-практичній конференції “Перезавантаження будівництва: економіка, організація, менеджмент” (Київ, 2017), Міжнародній науково-практичній інтернет-конференції “Формування освітнього простору в умовах інформаційного суспільства” (Запоріжжя, 2018), IV Міжнародній науково-технічній конференції

“Ефективні технології в будівництві” (Київ, 2019), круглому столі “Наукові та практичні підходи до проведення економічних, товарознавчих, будівельних експертиз” (Запоріжжя, 2019), 79-й Міжнародній науково-практичній конференції “Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту” (Дніпро, 2019), Міжнародній науково-практичній конференції “Економіко-управлінські та інформаційно-аналітичні інновації в будівництві” (Київ, 2019), 1-й Міжнародній науковій конференції “Східноєвропейська конференція менеджменту та економіки” (Словенія, Любляна, 2019), Міжнародній науково-практичній конференції “Формування сучасних концепцій управління та адміністрування організацій в умовах цифровізації” (Запоріжжя, 2021).

Публікації. Основні результати дисертації з належною повнотою відображені у 17 наукових працях, з яких 2 статті опубліковано в іноземних виданнях та 7 робіт опубліковано у збірниках наукових робіт, що включені до переліку фахових видань ДАК МОН України категорії «Б» та індексуються у міжнародних наукометричних базах, опубліковано 8 матеріалів та тез доповідей на наукових конференціях.

Структура та обсяг дисертації. Структура дисертаційної роботи підпорядкована змісту, меті та алгоритму вирішення завдань дослідження. Дисертація містить: анотації українською та англійською мовою, список опублікованих праць за темою дисертації, вступ, основну частину в складі чотирьох розділів, загальних висновків, списку використаної літератури з 125 джерел та додатків. Обсяг основного тексту дисертації складається з 106 сторінок друкованого тексту, що містить 12 таблиць та 42 рисунки.

РОЗДІЛ 1

ЛОГОЦЕНТРИЧНА ПАРАДИГМА ОПТИМІЗАЦІЇ ОРГАНІЗАЦІЙНОГО ПРОЦЕСУ БУДІВЕЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА ПІДРЯДНИХ ПІДПРИЄМСТВ УКРАЇНИ

1.1. Аналіз кон'юнктури вітчизняного будівельного ринку в межах інтенсифікації економічних перетворень

Сучасний дискурс економічного розвитку України віддає провідну роль будівельній галузі в її інтенсифікації соціально-економічного розвитку. Позаяк зазначена сфера виступає інструментом сатисфакції першочергових фізіологічних потреб суспільства у житлі та безпеці; продукує об'єкти критичної/некритичної інфраструктури в секторах приватного, державного та комунального господарства; генерує ринки капіталу та праці, базу товарів і послуг для розвитку та концентрації продуктивних ресурсів. Протягом останніх п'яти років сфера будівництва складала близько 10% ВВП України, забезпечила трудову зайнятість понад 1 мільйону працівників та працівниць.

Поточні реалії обґрунтували раціоналізацію будівельного сектору в економіці країни з метою посилення її національної безпеки, що стало завданням вищого рівня пріоритетності та високої складності. Ідентифікований сетинг має ґрунтуватися на концептуальних принципах, які детермінують структурно-функціональні компоненти галузі, дослідженнях провідних факторів та особливостях будівництва як багатовимірного сектору. Неможливо залишити без уваги функціональні аспекти галузі, в межах яких взаємодіє низка інших секторів національної економіки [1-3].

Мультиплікативна специфіка будівництва постає в складності фінансово-господарських процесів з великою кількістю учасників та різноманітністю видів організаційних структур; залежності реалізації будівельних об'єктів від соціально-економічних процесів в країні; поетапному державному контролі й регулюванні на базі ліцензування та дозвільних процедур; значній тривалості інвестиційного циклу будівництва

та наявності складової фінансової спекуляції; нормотворенні політики ціноутворення; структурності організаційно-економічних процесів, які включають непередбачувані ризики та капіталовкладення. Беззаперечно, вітчизняний будівельний сектор має значний потенціал для масштабування своїх можливостей.

Розв'язання вищезазначених структурних задач генерує остаточну трансформацію галузі в каталізатор економічного розвитку України. Базисом твердження виступає кон'юнктура будівельної індустрії на початок 2022 року, яка забезпечила робочими місцями понад 1,8 мільйонів громадян та громадянок – близько 6% від загального числа зайнятих осіб у національному господарстві. Зокрема, прибуток будівельної галузі досяг 120 млрд грн, що складало 7% від загального ВВП країни [4]. Еволюція сектору під впливом ринкових механізмів націлена на стабілізацію соціальної безпеки як для окремих осіб, так і для держави в цілому (рис. 1.1).



Рисунок 1.1 – Схема мультиплікативної специфіки вітчизняного будівельного ринку [розроблено автором]

Будівельні ринки в розрізі регіонів України демонструють природу динамічної трансформації. Розвиток ринкових процесів має базис низки експліцитних факторів, які ініціюють зростання попиту на будівельно-монтажні роботи. Основну групу чинників складає зростання доходів населення, поступовий посткризовий процес реновації економіки в реальному секторі, зокрема активізація роздрібної торгівлі, стабілізація ринку нерухомості та загальна потреба у модифікації житлово-комунального та безпекового аспекту населення [2, 5-8].

Проте спостерігається формування патерну на підставі конструкту обмежень використання повного потенціалу попиту в галузі: низька платіжна спроможність населення, лімітизація фінансування будівельно-монтажних компаній, дисбаланс попиту на види будівельної діяльності, зростання кількості незавершених будівельних об'єктів, неефективність програм стимулювання житлового, комерційного та промислового будівництва [9]. Відтак, для детермінації каталізаторів довготривалого потенціювання будівельно-монтажних послуг постає необхідність деконструювання проблеми недієвого функціонування та проведення аналізу кон'юнктури вітчизняного будівельного ринку.

З 2017 року будівельна сфера України зазнала питомих трансформацій, репрезентувала збільшення обсягів виконаних будівельно-монтажних робіт. Відповідно до аналітико-статистичних даних, обсяг виконаних робіт у 2017 році склав 121,4 млрд грн, у 2018 році – 136,5 млрд грн, а в 2019 році – 152,8 млрд грн. Показники констатують стійке зростання рівня завершеного будівництва на рівні 11,7% щорічно. Детерміновано інвестиції в будівництво показали аналогічний тренд. У 2017 році, обсяг інвестицій становив 112,8 млрд грн, у 2018 році – 128,1 млрд грн, а в 2019 році – 144,5 млрд грн, що відображає збільшення на 13,4% щороку. Капіталовкладення в будівництво продемонстрували відповідну динаміку, з обсягом 103,2 млрд грн в 2017 році, 118,5 млрд грн в 2018 році та 134,8 млрд грн в 2019 році [10-12], відзначивши щорічне зростання на 14,2% (табл. 1.1).

Казуальність позитивної динаміки розвитку будівельної галузі продиктована зміцненням економічної кон'юнктури в Україні, зростанням рівня доходів населення, початком активного розвитку інфраструктури та збільшенням атрактивності країни для іноземних інвесторів. Детермінована концепція будівельного сектору 2017-2019 рр інтерпретується у зростання макроекономічних показників, зайнятість населення, ВВП та масштабування суміжних галузей господарства.

Таблиця 1.1 – Показники будівельного виробництва в Україні
у 2017-2019 рр [узагальнено автором]

Період	Обсяг виконаних будівельно-монтажних робіт, млрд грн	Обсяг будівельних інвестицій, млрд грн	Обсяг капіталовкладень в будівництво, млрд грн
2017 рік	121,4	112,8	103,2
2018 рік	136,5	128,1	118,5
2019 рік	152,8	144,5	134,8
Показник зростання	11,7%	13,4%	14,2%

У період з 2020 до 2022 року вітчизняна будівельна галузь була локалізована в дискурсі нової економічної кризи. На початку пандемії COVID-19 чинні карантинні обмеження детермінували зниження попиту на будівельно-монтажні послуги, зростання вартості будівельних матеріалів та робочої сили, інгібували реалізацію проєктів будівництва та введення об'єктів в експлуатацію. Попри новітні економічні виклики, будівельний сектор України набув певного рівня стабілізації в розрізі низки ендегенних чинників [13]. Особливу увагу слід звернути на активну державну підтримку, яка включала фінансову допомогу будівельним компаніям та встановлення пільг для інвесторів.

Зокрема, сприятливі інвестиційні умови для житлового будівництва сформувалися в локусі зростання суспільного інтересу громадян та громадянок до заміської забудови. Інтенсифікація розвитку транспортної інфраструктури сприяла подоланню впливу пандемії та підтримці відновлення внутрішньодержавної економіки. Зазначимо, що ідентифікована

дестабілізація будівельного ринку обумовила його структурні та еволюційні зсуви, вкотре підкреслила облігаторність адаптації до сучасних мікро- та макроекономічних трансформацій різного ступеня [13, 14].

Аналітико-статистичними даними зафіксовано щорічне зростання обсягу реалізованих будівельно-монтажних робіт на 12,3 %. Безпосередньо, обсяг виконаних робіт становив 156,3 млрд грн у 2020 році, продемонстрував збільшення до 169,1 млрд грн у 2021 році та досяг 185,4 млрд грн на початку 2022 року.

Позитивні тенденції ідентифіковані й рівнем інвестування в галузь, який засвідчив збільшення на 10% у 2020 році та на 12% у 2021 році порівняно з попереднім періодом. У 2020 році обсяг інвестицій склав 148,4 млрд грн, у 2021 році – 161,8 млрд грн, а у 2022 році – 179,1 млрд грн, зафіксував щорічне зростання на рівні 12,6%. Тим часом, обсяг капіталовкладень у будівництво в 2020 році становив 137,2 млрд грн, в 2021 році – 152,1 млрд грн, у 2022 році досягнув 169,4 млрд [15, 16]. Окреслена концепція ідентифікує збільшення обсягу капіталовкладень на рівні 12,9% щорічно (табл. 1.2).

Таблиця 1.2 – Показники будівельного виробництва в Україні
у 2020-2022 рр [узагальнено автором]

Період	Обсяг виконаних будівельно-монтажних робіт, млрд грн	Обсяг будівельних інвестицій, млрд грн	Обсяг капіталовкладень в будівництво, млрд грн
2020 рік	156,3	148,4	137,2
2021 рік	169,1	161,8	152,1
На початок 2022 року	185,4	179,1	169,4
Показник зростання	12,3%	12,6%	12,9%

В парадигмі трансформації будівельного ринку необхідно акцентувати на розвитку галузі зокрема в розрізі типології будівельних об'єктів (рис. 1.2). На початку 2022 року було спрямовано понад 150 млрд грн на реалізацію проєктів житлового будівництва, що склало 53% від загального обсягу

будівельно-монтажних робіт. Вартість будівництва нежитлових та інженерних споруд досягла 110 млрд грн та 20 млрд грн, що становило 40% та 7% відповідно від загальної суми реалізованих будівельних проєктів [17].

З початком повномасштабного вторгнення країни-терориста в Україну 24 лютого 2022 року вітчизняний будівельний сектор зазнав остаточної дестабілізації. Військові дії з боку агресора призвели до чисельних руйнувань та пошкоджень житлових будівель, критичної та транспортної інфраструктури, спричинили стагнацію реалізації будівельних проєктів. Уряд України розпочав активну імплементацію мультикомплексної системи підтримки будівельної галузі, зокрема надання фінансової допомоги будівельно-монтажним компаніям у вигляді грантів, кредитів та пільг; звільнення від оподаткування на будівельні матеріали та роботи; захист та дезактивація відкритих баз поточних будівельних об'єктів; створення спеціального державного фонду повоєнної реновації та модернізації об'єктів України [18].

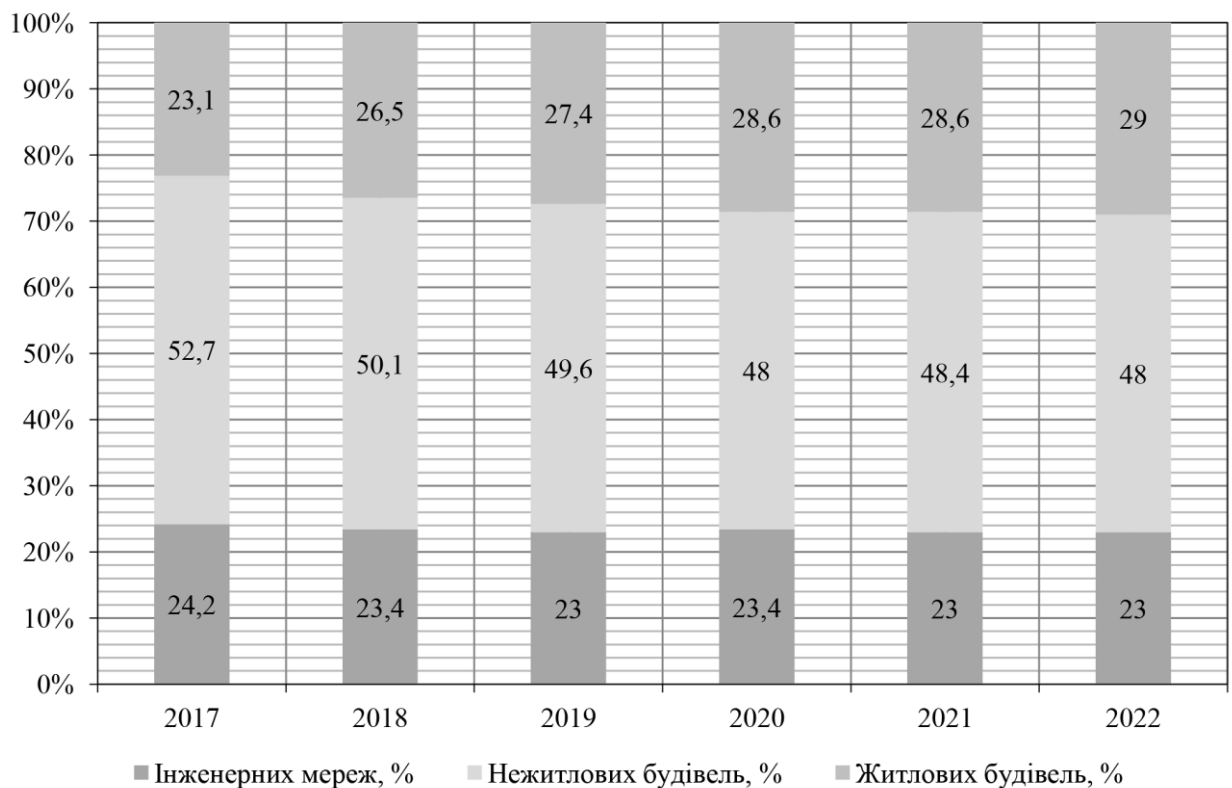


Рисунок 1.2 – Динаміка розвитку будівельного ринку України в розрізі типології будівельних об'єктів у 2017-2022 рр [розроблено автором]

Концепція впровадження державної політики в умовах воєнного стану надала поштовху для подальшого розвиток будівельного сектору, його виходу із кризового стану. На початок 2023 року обсяг реалізованих будівельно-монтажних робіт зріс на 10%, рівень інвестицій у будівництво досяг показника 12%. Однак, попри позитивні тенденції будівельний сектор України все ще стикається із низкою економічних викликів сучасності. Бойові дії унеможливають реалізацію будівельних об'єктів. Спостерігається інтенсифікація зростання цін на спеціалізовані матеріали та робочу силу, що завдає збитків рентабельності будівельних компаній; нестача кваліфікованих кадрів та “відтік мізків”; деструктуризація логістичних ланцюгів; недостатній рівень зовнішнього інвестування.

В дискурсі поточних реалій, коли економіка України зазнає серйозних макроекономічних трансформацій, спричиненими фінансовими та геополітичними кризами, експліцитно виникає облігаторність активізації розвитку важливих секторів національної економіки, зокрема будівництва. Набуває актуальності збільшення ролі регіонального розвитку на підґрунті раціонального використання та підвищення ефективності матеріальних, кадрових, фінансових та інформаційних ресурсів. Важливо підкреслити значення збільшення рівня соціально-економічного розвитку регіонів країни.

Деконструювання проблеми розвитку будівельного ринку в Україні у 2017-2022 рр веде до необхідності ідентифікації деякі недоліків якісного характеру. Серед якісно негативних аспектів можна виділити диспропорцію між збільшенням обсягу реалізованих будівельно-монтажних робіт та інтенсифікацію зростання фізичних обсягів реалізованих об'єктів; деформацію в структурі споживчого попиту на житло, що зумовлені переважно диференціацією доходів у регіональному та субрегіональному площинах [19]. Окреслена концепція апелює конструкт нерівної платіжної спроможності населення в різних регіонах, що спричиняє дисбаланс у розвитку будівництва та сприяє соціальній напрузі серед населення.

Менш питомими, однак не менш детермінованими, є недостатнє насичення будівельного ринку житлом та комерційними приміщеннями; низький рівень розвитку житлового кредитування; зростання конкурентних переваг іноземних та внутрішньомасштабних будівельних компаній, що призводить до монополізації галузі, витісненню малих та середніх підприємств, зменшенню мобільності та інноваційності інших вітчизняних учасників ринку [20-22]. Позаяк висока вартість та складність будівництва нових об'єктів визначається недостатньо ефективним та прозорим державним регулюванням, інтенсифікацією розвитку тіньового сектора у будівництві детермінованого значною кількістю приватних будівельних бригад та корупційною складовою. В межах зазначеної парадигми прослідковується зменшення податкових надходжень до державного бюджету, деструктуризації соціальної ефективності галузі, ставить під загрозу соціально-економічну стабільність залучених працівників.

В площині окресленої проблематики та проведеного аналізу детермінуємо трансформацію будівельного ринку України як прояв переходу до нестійкого стану. Дефініція нестійкого ринку знаходить своє відображення у відсутності векторної тенденції розвитку на підґрунті структурного дисбалансу, реальних пропозицій для купівлі-продажу або можливості встановити сталий рівень ціноутворення.

З позиції будівельного ринку, адаптація дефініції нестабільності на етапі сучасного становлення будівельного ринку України набуває чинної об'єктивності. Легітимним конструктором даного твердження виступає поступове покращення кількісних макроекономічних показників в інвестиційно-будівельній сфері (зростання обсягу капітальних вкладень, інвестицій, будівельно-монтажних робіт) на противагу дисбалансу структурно-якісних показників (рентабельність будівельно-монтажних робіт, продуктивність праці робітників, рівень ефективності залучення основних виробничих фондів) [17, 20, 23]. Таким чином, використання виробничих потужностей практично незначне, а питомий обсяг будівельно-монтажних

робіт в межах довгострокового нерівномірно-приривчастого фінансування не збільшується. Ідентифікація стабільності на будівельному ринку на сьогодні залишається суперечливою, проблематика ефективного функціонування будівельних підприємств – нерозв’язаною, що сукупно детермінує низку перешкод для активної будівельної діяльності на організаційному, регіональному та державному рівнях (рис. 1.3).

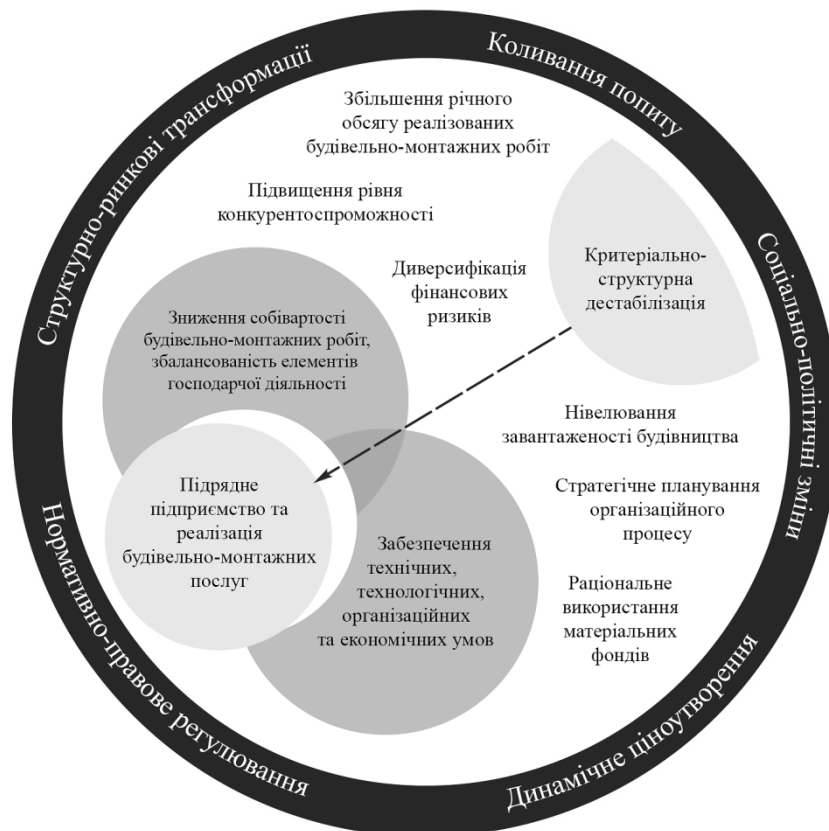


Рисунок 1.3 – Логіко-структурна схема позиціонування вітчизняних підприємств в парадигмі нестійкого будівельного ринку
[розроблено автором]

Відповідно до прогнозів, в 2024 році очікується зростання вартості виконаних будівельно-монтажних робіт до 320 млрд грн, а в 2025 році – до 360 млрд грн. В перспективі тривалого розвитку, будівельна сфера України володіє потенціалом для подальшого прогресу та нейтралізації наслідків повномасштабного вторгнення [18, 24]. Обґрунтування тези виокремлюється на базі низки чинників, серед яких очікуваний приріст населення, збільшення доходів громадян та іноземних інвестицій, розвиток інфраструктури.

З метою потенціювання будівельної галузі, важливий генезис сприятливих передумов включно із векторами забезпечення раціонального фінансування, покращення якості будівельно-монтажних робіт, підвищення фахової компетентності кадрів. Насамперед, слід розглянути конкретні кроки, які зініціюють вихід будівельної галузі України із кризового стану, стануть запорукою стійкості ринку. Особливо ефективною виявиться зниження процентних ставок на кредити для будівництва, розгляд питання щодо податкових пільг для підрядних підприємств, розробка державних програм підтримки розвитку житлового будівництва та інфраструктурних проєктів [25-28]. Доцільним стане модифікація системи підвищення кваліфікації працівників будівельної сфери, що в свою чергу знайде позитивне відображення у рівні якості робіт. Успішна реалізація описаної стратегії відкриє нові перспективи для впровадження інновацій у сфері вітчизняного будівництва, віддасть провідну роль галузі в національній економіці, стане запорукою створення нових робочих місць для більш ніж 1,5 мільйона громадян та громадянок.

На даному етапі трансформації будівельного ринку ключовим завданням є забезпечення сталого та збалансованого розвитку підрядних підприємств з метою зменшення вразливості впливу деструктивних змін. Подолання новітніх викликів нестійкого ринку для підрядних підприємств можливо шляхом створення стратегій адаптації та нейтралізації негативних мікроекономічних факторів, розвитку ефективної політики управління ризиками та оптимізації організаційного процесу будівельного виробництва.

1.2. Концептуалізація генезису будівельного виробництва в локусі нестійкого ринку України

Аналіз будівельного сектору спрямовує основний акцент на два ключові аспекти: низку актуальних викликів, дотичних до самої галузі та вплив будівельної сфери на реальний сектор національної економіки. В останні роки сфера надання будівельно-монтажних послуг також зазнала

динамічних трансформацій. Концептуально зазначений стан обумовлено спектром факторів, які детерміновані зміною кон'юнктури ринку нерухомості, збільшенням конкуренції іноземних компаній, підвищенням вартості будівельних матеріалів та обладнання, а також зниженням соціальної довіри до підрядних організацій. Згідно з аналізом статистичних даних [10-12, 15, 16] у 2017-2022 рр спостерігалось зменшення чисельності підрядних підприємств на 15% на будівельному ринку. В той же час, темпи реалізації будівельних об'єктів підрядними організаціями знизилися на 20%.

Аспект підвищення вартості будівельних матеріалів та обладнання виявляє негативний вплив на ринок будівельних послуг, що унеможливорює перенесення зростання вартості підрядними організаціями на замовників будівництва. Детермінованим наслідком постає потенційний ризик зниження рентабельності перших. Зниження соціальної довіри та активізація громадського контролю з боку населення визначається істотною необхідністю підрядних підприємств деталізацією та актуалізацією якості виконаних будівельно-монтажних робіт [29-31]. Позаяк, ігнорування окресленого аспекту зазвичай призводить до ротації замовниками гравців на ринку. Остання теза безпосередньо апелює до дискоординації в нормативно-правовій площині та пов'язана з сетингом недоотриманням підрядними організаціями необхідних дозволів та ліцензій для провадження будівельної діяльності. Казуальність визначеного конструкту потенціуює високий ризик штрафів та мораторію операційної діяльності підрядних підприємств.

Контекст нестійкого ринку викристалізовує тенденції векторного розвитку виробничого потенціалу підрядних підприємств, масштабності будівельних проєктів, показників якості реалізації та введенням в експлуатацію будівельних об'єктів, активізацію кадрового забезпечення [32].

Оптимізація потенціалу вітчизняних підрядних організації пролягає в площині адаптивності до коливань будівельного ринку. Підрядні підприємства мають проявляти організаційно-технологічну гнучкість та модернізувати інноваційний сетинг, налагодити результативні та прибуткові

партнерські відносини з іншими учасниками будівельного ринку. Таким чином, окреслена парадигма ідентифікує рівень конкурентоспроможності підрядних організацій як ключовий фактор їх структурного розвитку в галузі.

У авторському дослідженні [33] моделюється рівень конкурентної спроможності підрядних організацій, який детермінований організаційно-технологічним та репутаційним потенціалом на базі системи індикаторів. Результативний показник конкурентної спроможності C відображає організаційний та технологічний аспект, стратегічно-операційне реагування на вплив факторів нестійкого ринку. Автором дослідження була запропонована математична модель, яка описана системою рівнянь 1.1-1.3:

$$C = \sum_{j=1}^i d_i W_i; \quad \sum_{j=1}^i W_i = 1; \quad i = 4 \quad (1.1)$$

$$d_i = \sum_{j=1}^i \left(\sum_{j=1}^n G_{ni}^U Y_{ni} \right); \quad \sum_{j=1}^n Y_{ni} = 1; \quad n = 11 \quad (1.2)$$

$$G_{ni}^U = S_{ni} G_{ni}^R \quad (1.3)$$

де d_i – дефлектор (універсальний індикатор), що відображає формалізований стан конкурентоспроможності;

i – індекс дефлектора;

n – порядковий номер індикатора;

G_{ni} – первинний індикатор забезпечення багатоаспектної оцінки конкурентоспроможності;

G_{ni}^R – первинний індикатор у реальному вимірі;

G_{ni}^U – первинний індикатор в універсальному вимірі;

S_{ni} – перехідний шаблон від реального до універсального виміру;

W_i – коефіцієнт інтеграції дефлектора в показник результативності;

Y_{ni} – коефіцієнт інтеграції індикатора у дефлектор платформ.

Структуризація параметрів розглянутої моделі враховує ключову умову аналізу конкурентоспроможності підрядного підприємства, яка полягає у

мультикомплексному дослідженні ринку будівельно-монтажних послуг та ринку будівельних інвестицій в розрізі регіонів України, паралельному вивченні ціноутворення на матеріально-технічні ресурси. Важливою стає й оцінка зовнішнього правового середовища, вплив внутрішньо-економічних факторів. Висновки аналізу умов господарювання підрядних підприємств спільно із зовнішнім контекстом кон'юнктури ринку формують стратегію адаптації будівельної організації до економічних коливань в галузі.

Розглянута методика визначення рівня конкурентоспроможності будівельних організацій може бути імплементована як для оцінки поточного стану підприємства, так і для дефініції стратегії підвищення ефективності її організаційного процесу. Однак, першочергово вищезазначена модель апелює до аналізу структурних елементів ринку в площині іманентного впливу на рівень конкурентоспроможності організацій.

Структурний розвиток сучасного будівельного ринку України детермінує виникнення специфічних економічних закономірностей для господарської діяльності суб'єктів підприємництва, зокрема підрядних організацій. В умовах визначеного в підрозділі 1.1 нестійкого будівельного ринку, функціонування підрядних підприємств включає мультиспектрову проблематику від організаційних до економічних аспектів.

Нерегулярне інвестиційне забезпечення будівельної сфери викликає процес старіння основних активів. Станом на початок 2022 року зношення основних фондів у галузі будівництва склало понад 60%, що призвело до негативізації рівня конкурентоспроможності підрядних підприємств. Гарантом інтенсифікації капітального будівництва стає оновлення ключових активів підрядних підприємств на базі імплементції інноваційних будівельних технологій, передових методів проектування та реалізації об'єктів [29, 34, 35].

Детермінована концепція сприятиме фінансовій доступності будівельно-монтажних послуг, підвищенню попиту на реалізовані об'єкти серед населення країни, зростанню доходності відповідних організацій.

Позаяк, надання будівельних послуг підрядними організаціями нерозривно пов'язане з ринковим попитом, враховуючи стрімкий розвиток будівельної галузі конкретного регіону України. Державне планування програм капітального будівництва в розрізі регіонів висуває ряд обов'язкових вимог, серед яких слід особливо відзначити якісне підвищення рівня надійності підрядних підприємств, безпеляційне дотримання правових зобов'язань в межах договорів підряду.

Вимоги регулювання господарської діяльності передбачають гарантії економічної стійкості, беззбиткової роботи підрядних організацій та забезпечення адекватних показників рентабельності [32, 36]. Додатково, стратегічною метою є скорочення тривалості реалізації промислових об'єктів будівництва в 2-3 рази, непромислових – в 1,5 рази, з метою підвищення рівня конкурентоспроможності, надання високоякісних будівельних послуг.

Факторний аналіз регіональних будівельних ринків на початок 2022 року показав дисбаланс показників конкурентоспроможності підрядних підприємств (за виключенням Луганської та Донецької області, тимчасово окупованої території АР Крим) (табл. 1.3). В рамках дослідження диференційним показником було обрано індекс регіонального питомого обсягу реалізованих будівельних робіт підрядними підприємствами:

$$I_c = \frac{Q_f}{Q_b}, \quad (1.4)$$

де Q_f – обсяг реалізованих будівельно-монтажних робіт в регіоні;

Q_b – базовий обсяг реалізованих будівельно-монтажних робіт.

Структура наведених показників ідентифікує найвищий рівень конкурентоспроможності підрядних підприємств Київської (1,00), Львівської (0,29) та Дніпропетровської області (0,27). Найнижчий рівень конкурентоспроможності продемонстрували підрядні організації Волинської (0,10), Чернівецької (0,07) та Закарпатської області (0,06).

Імплементована методика не претендує на досконалу вичерпність інформації про потенціал конкурентоспроможності регіональних підрядних підприємств. Однак, в площині казуальності впливу обсягів виконання будівельно-монтажних робіт підрядних організацій на детермінацію їх рівня конкурентоспроможності, обраний методологічний інструмент об'єктивно ілюструє конкурентні позиції гравців на будівельному ринку в розрізі регіонів України (рис. 1.4).

Таблиця 1.3 – Показники конкурентоспроможності підрядних підприємств в розрізі регіонів України на початок 2022 року [розраховано автором]

Код області	Область	Обсяг виконаних будівельно-монтажних робіт, млрд грн	Показник конкурентоспроможності
AB	Вінницька	5,7	0,10
AC	Волинська	4,6	0,08
AE	Дніпропетровська	14,7	0,27
AM	Житомирська	4,9	0,09
AO	Закарпатська	3,4	0,06
AP	Запорізька	9,9	0,18
AT	Івано-Франківська	5,2	0,10
AI	Київська	54,7	1,00
BA	Кіровоградська	5,5	0,10
BC	Львівська	15,8	0,29
BE	Миколаївська	7,1	0,13
BH	Одеська	11,7	0,21
BI	Полтавська	8,3	0,15
BK	Рівненська	5,6	0,10
BM	Сумська	7,7	0,14
BO	Тернопільська	6,4	0,12
AX	Харківська	10,5	0,19
BT	Херсонська	7,9	0,14
BX	Хмельницька	5,4	0,10
CA	Черкаська	7,4	0,14
CE	Чернівецька	4,0	0,07
CB	Чернігівська	4,8	0,09
	Базовий обсяг	54,7	
	Максимальний показник	54,7	
	Мінімальний показник	3,4	

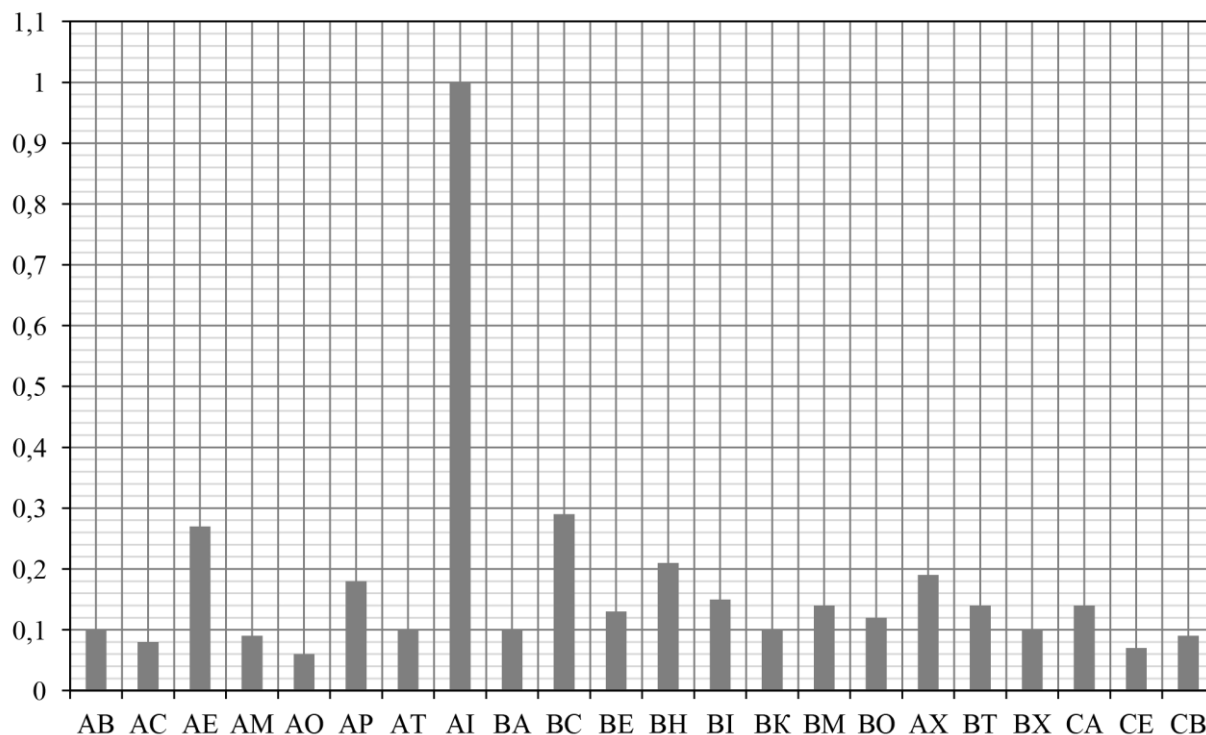


Рисунок 1.4 – Графік розподілення регіональних показників конкурентоспроможності вітчизняних підрядних підприємств станом на початок 2022 року [розроблено автором]

Контекст інноваційного розвитку капітального будівництва на засадах підвищення рівня конкурентоспроможності диктує переосмислення організаційного процесу для підрядних підприємств. Пріоритетною стратегією є імплементація новітніх інженерних технологій, активне використання сучасного програмного забезпечення щодо моделювання та керування будівельними проєктами [37-39].

Прогресивним кроком на шляху підвищення конкурентоспроможності є розвиток ефективних партнерських відносин з іншими учасниками ринку, зокрема контрагентами будівельних матеріалів та обладнання, провідними спеціалістами та спеціалістками в сфері архітектурно-проектувальної діяльності. Додатковим каталізатором ефективного господарювання на будівельному ринку стане генерація гнучких організаційних стратегій відповідно до обраного календарного плану виконання будівельно-монтажних робіт.

Новітні реалії будівельного ринку України також актуалізують становлення сприятливого державного контролю для провадження ефективної діяльності підрядних організацій. Визначним елементом такої системи є імплементація єдиної централізованої структури управління задля нівелювання розподілу державних бюджетних коштів на будівництво в розрізі регіонів [38]. Систематизація операційних завдань між органами виконавчої влади детермінує ефективне використання фінансових ресурсів. Консолідація матеріальних та робочих активів підрядних підприємств на визначених засадах сприятиме оптимізації організаційного процесу будівельного виробництва. Сатисфакція широкомасштабного національного попиту на будівельні послуги сприяє параметричному зростанню ефективності розвитку вітчизняного капітального будівництва, зокрема зменшенню інвестиційного циклу в 3-4 рази [40].

У свою чергу, структуризація регіональних будівельних ринків пролягає в площині конкурентних підрядних підприємств, які включені в систему централізованого управління будівельним комплексом шляхом укладання підрядних та субпідрядних угод [41, 42]. Окреслений підхід модифікує розподіл фінансових ресурсів, сприятиме ефективній координації та плануванню будівельної діяльності.

Формотворення економіко-будівельної ніші України генерує нові виклики для суб'єктів підприємницької діяльності, зокрема підрядних організацій. Динаміка трансформації будівельного ринку апелює до зростання обсягів будівельно-монтажних робіт в розрізі регіонів України, викристалізовує проблематику підвищенні якості будівельних послуг. Розв'язання макроекономічних та правових питань потребує активного державного регулювання, в той час як підвищення конкурентної спроможності підрядних підприємств корелюється внутрішньою імплементацією оптимізаційного підходу в розрізі організаційного процесу будівельного виробництва.

1.3. Ідентифікація облігаторності модернізації організаційного процесу на засадах формотворення рівня конкурентоспроможності підрядних підприємств

Прогнозування та аналіз факторів зовнішнього впливу на ефективність господарювання підрядних підприємств апелює до вивчення динаміки основних параметрів окресленої системи. Актуальним стає дослідження взаємодії системи із середовищем на базі конкурентної взаємодії.

Теза детермінує імплементацію системного підходу в межах оптимізації будівельного виробництва, впровадження ефективних методів та критеріїв оцінки адекватності моделей, спрямованих на досягнення не тільки максимізації показників прибутку та рентабельності, а й на підвищення адаптивності до умов нестійкого ринку. Підкреслимо, що критерії першого типу інтегровані в межах короткострокового і середньострокового прогнозування, в той час, як критерії другого типу дотичні до прогнозування довгострокового будівельного виробництва. На підставі цього, постає необхідність диференційного аналізу інформативності системи параметрів організаційного процесу. Потенційна методологія оптимізації має інтегрувати показників інформативності поліваріантних станів системи, виключити взаємний конфлікт внутрішній критеріїв [22, 43-45].

Дефініція оптимізації організаційного процесу будівництва полягає у мультикомплексності заходів (рис. 1.5), спрямованих на підвищення рівня якості та ефективності будівельно-монтажних робіт, конкурентної спроможності підрядного підприємства. Імплементація новітніх технологій дозволяє автоматизувати низку будівельних процесів, і як наслідок веде до збільшення продуктивності та зниження операційних витрат [46]. На кшталт, використання програмного забезпечення організації будівельного виробництва дозволяє координувати діяльність різних учасників будівельно-монтажних робіт; впровадження методології критичних шляхів ініціює ідентифікацію ключових етапів організаційного аспекту будівництва.

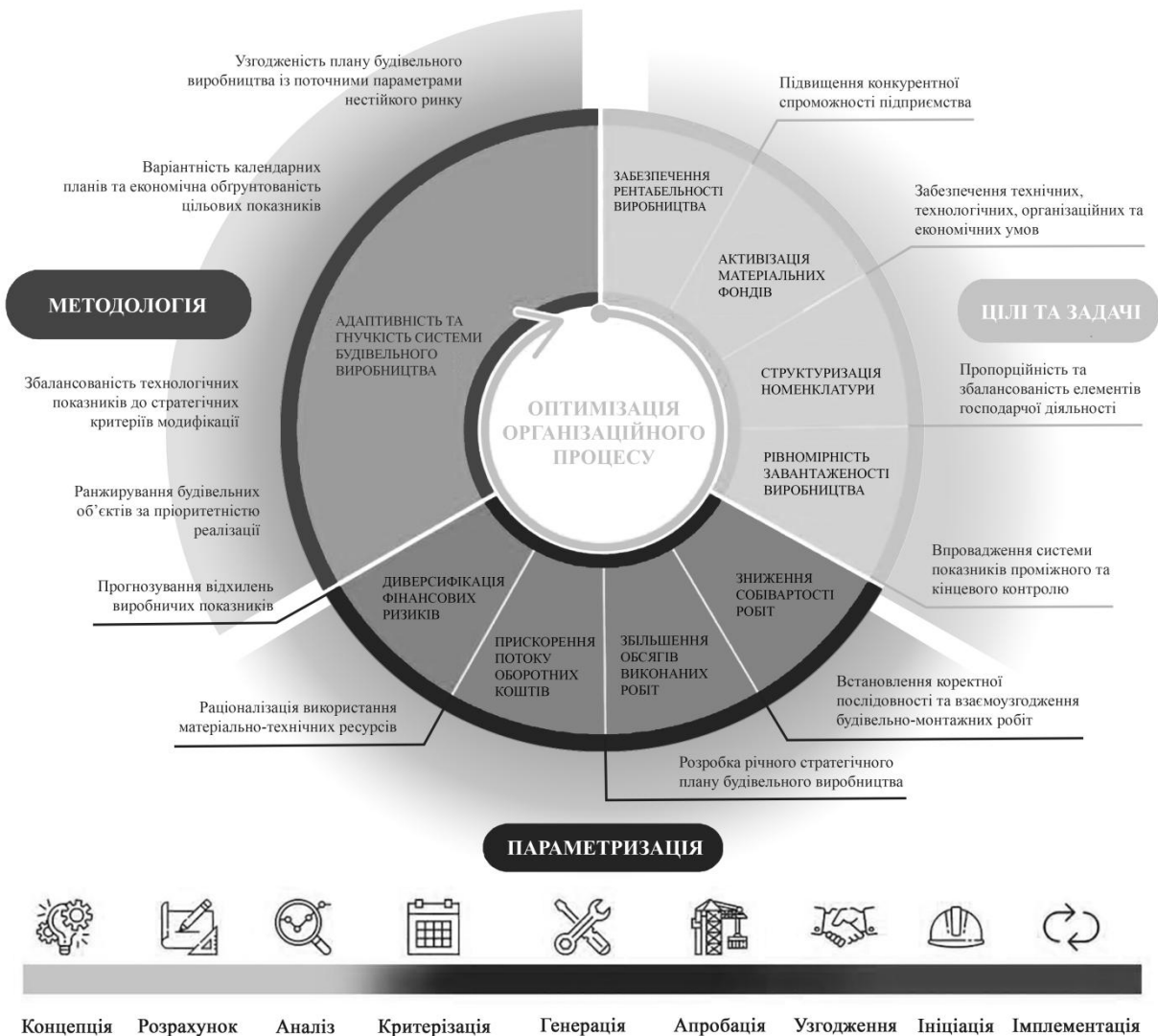


Рисунок 1.5 – Логіко-структурна схема оптимізації організаційного процесу будівельного виробництва [розроблено автором]

Інтеграційний процес оптимізації включає в себе формулювання завдання, вибір оптимізаційних параметрів, встановлення лімітів дії, оцінку впливу факторів зовнішнього середовища, дефініцію цільової функції, пошук та прийняття рішення в площини невизначеності та ризику. Досвід авторів [23, 34, 47-51] обґрунтовує тезу недоцільності використання одного критерію оптимальності системи: постає облігаторність полікритеріального комплексу, який дозволить ідентифікувати найкращий варіант оптимізаційного рішення.

Багатокритеріальна оптимізація, попри значний потенціал, є складною та імплементативно обмеженою. Мультикритеріальний комплекс генерує пошук найбільш оптимального рішення, забезпечує всебічний аналітичний

підхід до оцінки організаційного процесу [52]. Однак, одночасна сатисфакція всіх критеріїв, як правило, є неможливою, зокрема через низьку ймовірність генерації єдиного комплексу критеріїв, позаяк переважна більшість з них не підлягає достатній формалізації. Підкреслимо, що використання певних критеріїв при упущенні інших детермінує до абсурдних результатів: потенціювання конструкту “абсолютно безпечний” чи “абсолютно надійний” об’єкт спричиняє різке зростання матеріальних витрат, що експліцитно є повністю небезпечним та ненадійним [53]. З огляду на обґрунтований сетинг стає доцільним вибір декількох можливих критеріїв для проведення оптимізації будівельного виробництва (табл. 1.4).

Таблиця 1.4 – Типологія базових критеріїв оптимізації [узагальнено автором]

Тип критерію	Показники регуляції
Вартість	Мінімізація чистої приведеної вартості проєкта, найменший термін віддачі інвестицій, максимальна внутрішня норма дохідності підприємства
Безпека	Зменшення показників аварійності будівельного об’єкта, поліпшення умов праці, зниження захворюваності та травматизму
Функціональність	Максимізація показників надійності, адаптивності та регуляції функцій об’єкта будівництва, експлуатаційної тривалості
Технологічність	Технологічність будівництва, організаційна та технологічна надійність, ремонтпридатність, ергономіка, мінімізація тривалість будівництва.
Ресурсний критерій	Мінімізацію використання трудових, матеріальних та енергетичних ресурсів протягом циклу будівництва та експлуатації об’єкта
Соціальний критерій	Створення додаткових робочих місць, покращення якості життя громадян та громадянок, зокрема маломобільних груп населення
Екологічність	Мінімізація негативного впливу на навколишнє середовище (біосферу, атмосферу, гідросферу, ґрунти, надра)
Естетичність	Позитивний емоційний вплив, архітектурну виразність будівельних комплексів, споруд та інтер’єрів

Універсального методу вирішення багатокритеріальних задач оптимізації не існує. На практиці набув розповсюдження метод “згортки” критеріїв в один комплексний, зведення задачі оптимізації до однокритеріальної. Особливістю багатокритеріальних моделей є припущення

наявності певного компромісу, на кшталт при відхиленні від параметру “якість” оптимізаційне рішення в цілому не погіршується (оптимальність за Парето) [22, 54].

В площині визначення облігаторності оптимізації слід звернути увагу на критерій вартості організаційного процесу. Показник ілюструє економічну ефективність будівельного об’єкта, має реальний вимір в одиницях та імплементований у часі. На противагу показник вартості не враховує важливі аспекти організаційного процесу, зокрема адаптивність, технологічність, витрати невідновлюваних природних ресурсів тощо. Крім того, розрахунок витрат акумулює імпліцитні недоліки ціноутворення нестійкого будівельного ринку [55, 56]. Таким чином, критерій вартості є провідним в рамках прийняття рішення щодо оптимізації організаційних процесів, однак має бути комплементарним із іншими показниками.

Дефініція супутніх критеріїв полягає у прогнозуванні їх граничних значень (критеріальні обмеження) або в спрямуванні їх питомості на додаткові показники, коли різниця у вартості оптимізованих варіантів незначна. Зазначений конструкт апелює до інтервалу рівно економічних рішень – зони економічної невизначеності оптимальних рішень, себто сукупності варіантів, із незначною різницею за провідним критерієм вартості. Методологія вибору оптимізаційного рішення в межах окресленого інтервалу повинна враховувати специфіку моделі оптимізації.

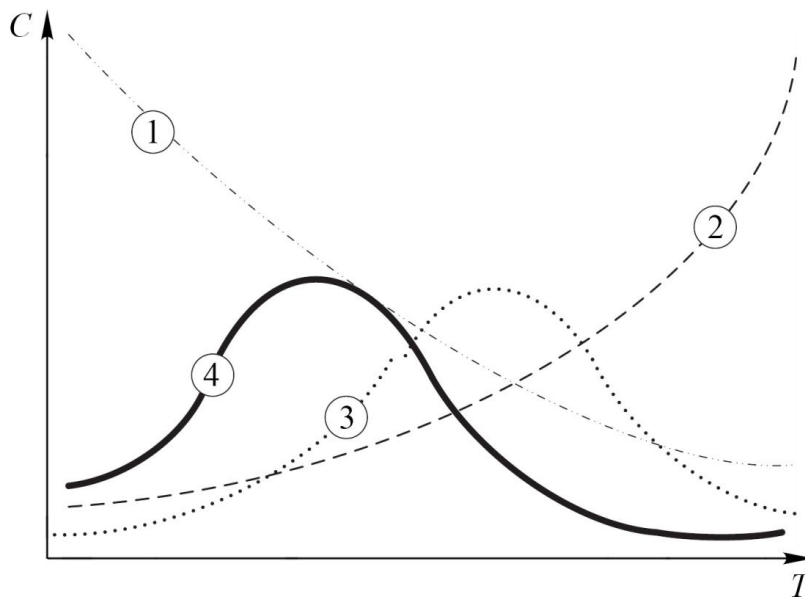
Стабільність економічного стану підприємства полягає у забезпеченні високих показників фінансових та управлінських процесів, на підставі яких приймається рішення щодо оптимізації організаційного процесу будівництва. Контекст стійкого економічного стану ідентифікується його здатністю реагувати та протистояти негативним впливам нестійкого ринку, облігаторністю оптимізації будівельного виробництва задля збереження темпів економічного розвитку підприємства [40-42, 57].

Модернізація будівельного виробництва, зокрема бюджетної підсистеми, стає конкурентною перевагою, ініціює зміцнення позиції

підрядного підприємства на будівельному ринку. Оптимізація підсистем дозволяє систематизувати потік інформації, інтегрувати стратегічні та оперативні цілі, забезпечувати контроль над діяльністю структур підрядного підприємства. Процес оптимізації організаційного процесу передбачає імплементацію дійової програми, встановлення мети та прогнозування очікуваних результатів, об'єднання частин бюджету в єдину економічну систему.

Дослідження факторів впливу та регуляторів вітчизняного будівельного ринку в межах підрозділу 2.2 наочно демонструє лімітованість економічного розвитку підрядних підприємств, детермінованою недостатньою готовністю суб'єктів господарювання до фінансових ризиків, що апелює до зниження показників конкурентоспроможності. Визначені тенденції розвитку обумовлені недостатнім рівнем або відсутністю впровадження інноваційних методів контролю, управління та оптимізації організаційного процесу будівельного виробництва. Крім того, динамічна трансформація будівельного ринку позбавляє підрядні організації можливості довготривалого стійкого економічного розвитку та фінансової стабільності, що порушує питання функціонування поточної системи організації будівельного виробництва підрядних підприємств.

Новітні реалії диктують збільшення обсягів будівельно-монтажних робіт, підвищення складності будівельних об'єктів, зростання терміну їх реалізації, актуалізують диференціацію фінансових ресурсів в межах організації будівельного виробництва [48]. Імплементація моделей оптимізації набуває облігаторності задля ефективного розподілу часових, вартісних та якісних критеріїв організаційного процесу будівельного виробництва. Розробка теоретико-методологічного базису оптимізаційних моделей стимулює аналіз з метою створення прaksiологічної основи для збільшення рівня конкурентоспроможності підрядних підприємств на ринку будівельних послуг [58-60].



- 1 – вплив на вартісні показники будівельного об'єкта; 2 – витрати на оптимізацію організаційного процесу; 3 – поточний метод реалізації будівельного об'єкта; 4 – оптимізована реалізація будівельного об'єкта

Рисунок 1.6 – Аналітична схема облігаторності оптимізації організаційного процесу будівельного виробництва [розроблено автором]

Облігаторність впровадження оптимізаційних моделей будівельного виробництва наочно демонструє наведена аналітична схема в системі параметрів тривалості T та вартості C реалізації будівельного об'єкта [61]. Крива поточної реалізації об'єкта будівництва (3) має зміщену вершину до другої третини вісі часу, що обумовлює зростання критеріїв вартості на середніх та пізніх етапах організаційного процесу. Вершина кривої (4) локалізована в першій третині будівельного виробництва та апелює до максимізації витрат на початкових етапах реалізації об'єкта будівництва. Крива витрат (2) відображає зміну вартості на оптимізацію організаційного процесу залежно від стадії його реалізації.

Витрати на імплементацію оптимізації будівельного процесу зростають експотенційно в часовому вимірі. Апроксимація кривих (2-4) викристалізовує логіку закономірності розподілу вартості на оптимізацію організаційного процесу в залежності від обраного методу реалізації об'єкта. У випадку оптимізованих методів будівництва найбільші показники витрат корегування

локалізовані на початкових етапах, в межах яких вартість додаткових змін у виробництво є меншою. В площині поточного методу крива витрат перетинає криву поточної реалізації організаційного процесу на завершальних етапах будівельного циклу, що обґрунтовує збільшення витрат корегування.

Сетинг локальної стійкості та необхідність постійних організаційних змін підтверджує доцільність створення оптимізаційної моделі процесно-орієнтованого розвитку підрядних підприємств. Такий конструкт передбачає поєднання організаційної архітектури економіко-виробничої системи будівельного підприємства зі стадіями організаційного циклу будівельного об'єкта [53, 62-64]. Конкурентоспроможність підприємства виступає як ключовий фактор будівельного ринку, ідентифікує адаптивність підрядних підприємств до динамічних трансформацій в галузі. В цьому контексті дослідження конкурентоспроможності з метою ідентифікації облігаторності та подальшої генерації стратегії оптимізації організаційного процесу стає актуальною задачею.

Специфіка організаційного процесу підрядних підприємств вимагає суттєвого перегляду концепцій, засад та імплементації оптимізаційних моделей будівельного виробництва. Зокрема, адаптація схеми організаційного процесу в рамках поточної євроінтеграції передбачає системну модифікацію економічних відносин між інвесторами та будівельними підприємствами. Окреслена парадигма обґрунтовує цілеспрямоване переосмислення поняття конкурентоспроможності в будівельній галузі, наголошує на облігаторності оптимізації організаційного процесу з урахуванням новітніх вимог та викликів, які постають в умовах динамічних змін на вітчизняному будівельному ринку.

Висновки по розділу 1

Аналіз динаміки розвитку будівельного ринку в Україні у 2017-2022 рр ідентифікував структурні недоліки якісного характеру. Серед негативних аспектів виділено диспропорцію між збільшенням обсягу реалізованих

будівельно-монтажних робіт та інтенсифікацію зростання фізичних обсягів реалізованих об'єктів; деформацію в структурі споживчого попиту на житло, що зумовлені переважно диференціацією доходів у регіональному та субрегіональному площинах. Окреслена концепція апелює конструкт нерівної платіжної спроможності населення в різних регіонах, що спричиняє дисбаланс у розвитку будівництва та сприяє соціальній напрузі серед населення.

Визначена трансформація будівельного ринку актуалізує завданням із забезпечення сталого та збалансованого розвитку підрядних підприємств з метою зменшення вразливості впливу деструктивних змін. Сформовано тезу щодо подолання новітніх викликів нестійкого ринку для підрядних підприємств шляхом створення стратегій адаптації та нейтралізації негативних мікроекономічних факторів, розвитку ефективного управління ризиками, оптимізації організаційного процесу будівельного виробництва.

Обґрунтовано структуризацію регіональних будівельних ринків в площині конкурентних підрядних підприємств, які включені в систему централізованого управління будівельним комплексом шляхом укладання підрядних та субпідрядних угод. Окреслений підхід модифікує розподіл фінансових ресурсів, сприятиме ефективній координації та плануванню будівельної діяльності.

Сформовано концепцію економіко-будівельної ніші України, яка генерує нові виклики для суб'єктів підприємницької діяльності, зокрема підрядних організацій. Динаміка трансформації будівельного ринку апелює до зростання обсягів будівельно-монтажних робіт в розрізі регіонів України, викристалізовує проблематику підвищенні якості будівельних послуг. Розв'язання макроекономічних та правових питань потребує активного державного регулювання, в той час як підвищення конкурентоспроможності підрядних підприємств корелюється внутрішньою імплементацією підходу щодо оптимізації організаційного процесу будівельного виробництва.

Деконструйовано проблематику збільшення обсягів будівельно-монтажних робіт, підвищення складності будівельних об'єктів, зростання

терміну їх реалізації, що сукупно актуалізує диференціацію фінансових ресурсів в межах організації будівельного виробництва. Доведено облігаторність імплементації оптимізаційних моделей задля ефективного розподілу часових, вартісних та якісних критеріїв організаційного процесу будівельного виробництва. Розробка теоретико-методологічного базису оптимізаційних моделей стимулює аналіз з метою створення праксиологічної основи для збільшення рівня конкурентоспроможності підрядних підприємств на ринку будівельних послуг.

Встановлено сетинг локальної стійкості та необхідність постійних організаційних змін щодо доцільності створення оптимізаційної моделі процесно-орієнтованого розвитку підрядних підприємств. Проаналізовано конструкт поєднання організаційної архітектури економіко-виробничої системи будівельного підприємства зі стадіями життєвого циклу об'єкта будівництва. Конкурентоспроможність підприємства ідентифіковано як ключовий фактор адаптивності підрядних підприємств до динамічних трансформацій в галузі. Доведено актуальність контексту дослідження конкурентоспроможності з метою ідентифікації облігаторності та подальшої генерації стратегії оптимізації організаційного процесу.

РОЗДІЛ 2

ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ТА ПРАКСЕОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ОПТИМІЗАЦІЇ ОРГАНІЗАЦІЙНОГО ПРОЦЕСУ В БУДІВНИЦТВІ

2.1. Інтерпретація аналітико-теоретичних засад оптимізації організаційного процесу

Генезис оптимізації будівельного виробництва акумулював значну кількість методів для розв'язання оптимізаційних задач, спрямованих на вирішення практичних питань в площині оцінки тривалості робіт та розподілу фінансових ресурсів в неструктурованих або слабо структурованих умовах. Загально-практичного поширення серед окресленої низки методів оптимізації за останні роки набуло математичне моделювання.

Питання теоретико-методологічного обґрунтування, розвитку та формуванням праксеологічних рекомендацій в розрізі організації будівельного виробництва розглядалися в наукових роботах вітчизняних вчених: О. М. Ревунова [22], П. Є. Григоровського [65], О. І. Менеїлюк [66], О. Л. Нікіфорова [67], В. А. Мельникової [29, 32], М. А. Дружиніна [68], Х. М. Чуприни [44], І. І. Надточій [52], К. А. Зіненко [43], О. І. Карінцевої [56], О. М. Малихіної [69] та інших; І. Д. Павлова [70], І. А. Арутюнян [19, 88], Н. О. Данкевич [31, 40, 71], Л. В. Сорокіної [57], науковий доробок яких репрезентує аспекти багатокритеріальної оптимізації процесу організації будівельного виробництва підрядних підприємств; В. О. Маслової [72], Д. В. Алтухової [73], О. В. Регіди [74], Р. Я. Зельцера [75], цикл праць яких сфокусовано на стратегічному плануванні організаційно-технологічного розвитку будівництва; В. В. Титок [76], О. Ю. Беленкової [5, 77, 78], роботи яких присвячені аналітико-методологічному аналізу ефективності організаційних рішень. В розрізі даного дослідження додаткового розгляду потребує питання структуризації та генерації принципово нових оптимізаційних моделей організаційного процесу задля підвищення рівня конкурентоспроможності підрядних підприємств.

Сучасний етап розвитку будівельної галузі апелює до питань оптимізації будівельного виробництва в розрізі імплементації математичних інструментальних методів (табл. 2.1). Вибір оптимальних рішень в умовах складних ймовірнісних динамічних систем, до яких відносять організаційні системи, неможливий без належного розуміння завдань, що виникають у практично-організаційній діяльності підрядних підприємств: завдання розподілу, заміни, пошуку, задачі організаційних черг, управління запасами та задачі теорії розкладів.

Таблиця 2.1 – Науково-концептуальні підходи до оптимізації будівельного виробництва підрядних підприємств [розроблено автором]

Область дослідження	Автори
Методи оптимізації	В. В. Задорожна, Є. О. Клімашевський, Ю. В. Кравченко, В. В. Ковальчук, С. В. Климов, Н. М. Омельчук, Є. М. Логвиненко, В. О. Мельник, В. В. Нестерчук, Н. М. Омельчук, С. В. Климов, О. В. Скрипник, В. С. Сторожук, В. В. Бойко, М. Х. Алам, М. М. Рахман, А. Асадпур, Х. Лі
Планування оптимізації	А. В. Радкевич, Є. В. Пінчук, І. М. Іванов, І. М. Сімонов, І. М. Гнатенко, А. В. Кошель, Д. С. Ковалець, І. М. Дяченко, А. І. Сидоренко, В. В. Кривошопка, В. В. Андрієнко, О. М. Арабаджи, І. В. Бабич, О. М. Галенко, В. Г. Погребняк
Моделювання оптимізації	О. А. Тугай, О. В. Андрійчук, В. І. Білак, О. В. Бойко, О. В. Власенко, О. В. Гаврилук, І. В. Гунько, О. О. Іванов, В. В. Клименко, В. В. Квітка, О. М. Малик, С. В. Мізіков, А. С. Панасенко, О. В. Соколенко, М. В. Супрун, А. В. Яковець
Оцінка ефективності оптимізації	І. О. Лавріненко, В. В. Пономаренко, О. В. Левчук, Д. В. Сєдих, О. О. Мельничук, І. А. Гузенко, О. В. Мельник, М. А. Сірий, В. І. Олійник, О. В. Ткачук, О. В. Паньків, О. А. Гордієнко, В. В. Пономаренко, О. В. Смірнова, Т. Ю. Бондар
Комплексний підхід	І. Д. Павлов, Н. О. Данкевич, І. А. Арутюнян, В. В. Скрипник, В. В. Кисельов, В. В. Олійник, С. В. Мірошніченко, А. В. Гончарук, В. В. Павлюк, В. В. Мельник, І. В. Шиманець, В. В. Кузьмінський

Математична модель комплексу будівельно-монтажних робіт повинна чітко відображати їх динаміку у часі та водночас бути простою у формалізації задля досягати бажаних результатів. При використанні математичних методів умови оптимізаційної задачі повинні мати чітке

формулювання в межах цільової функції та встановлених обмежень. В локусі зазначеного підходу ключовим фактором оптимізації є обмеження [65, 80].

Основна теза полягає у тому, що оптимізація організаційного процесу підлягає дослідженню широким спектром алгоритмів, які націлені на вирішення поставлених завдань. Вибір оптимальних рішень, особливо в площині детермінованих випадків ймовірнісних динамічних систем неможливо оминути імплементацію математичних методів розв'язання екстремальних задач та засобів обчислювальної техніки.

У сфері будівництва набули актуальності економіко-математичні моделі оптимізації на основі розрахунків раціонального розподілу ресурсів підрядної організації. Розрахунки включають визначення параметрів використання ресурсів підрядною організацією із врахуванням потенційних ризиків [66, 81]. Особливість таких моделей полягає формалізації обчислення дисперсії прибутку на основі дисперсій використання ресурсів.

Альтернативою економіко-математичної моделі виступає метод штрафних функцій, який є особливо точним для задач умовної оптимізації. Цей метод поєднує обмеження задачі з цільовою функцією за допомогою кількох параметрів штрафу, що перетворює вихідну вхідну оптимізаційну задачу на задачу безумовної оптимізації [67, 82-84]. Подібна трансформація потенціює імплементацію низки сучасних оптимізаційних методик, спрощує шлях знаходження розв'язання поставленої задачі.

Розв'язання специфічної задачі оптимізації апелює до вибору математичного підходу з метою досягнення задовільних результатів з найменшими обчислювальними витратами, формування питомого обсягу інформації щодо оптимізаційного рішення. Позаяк, вибір конкретного методу значною мірою ідентифікується постановкою оптимізаційної задачі. В реальній практиці імплементація єдиного методу не доцільна: деякі підходи є диференційними, інші – локалізованими [68, 85-87]. В свою чергу, це формує конструкт, в якому на визначених етапах розв'язання оптимізаційної задачі застосовується ціла низка методів (на кшталт, метод

дослідження функцій класичного аналізу, метод множників Лагранжа, метод нелінійного програмування) інтегрованих з теоретичними засадами динамічного програмування.

Набуває значення теза, згідно якої певні методи доцільні для розв'язання оптимізаційних задач з математичними моделями конкретного типу. Зокрема, математичний концепція лінійного програмування інтегрована в розв'язання задач з лінійними критеріями оптимальності та змінними обмеження; геометричне програмування призначене для ідентифікації критеріїв оптимальності, де обмеження репрезентовані специфічними функціями позіномів [69-72, 89]. Диференційна адаптивність певного методу яскраво відображена в розрізі динамічного програмування. Метод покликаний для вирішення завдань оптимізації багатостадійних процесів, де стан кожного характеризується відносно невеликою кількістю змінних стану. Однак, при збільшенні кількості змінних (високій розмірності стадії), використання зазначеного методу втрачає актуальність на підґрунті ускладнення швидкодії та лімітизації об'єму оперативної пам'яті ЕВМ [73].

Ефективність розв'язання оптимізаційної задачі зосереджена в локусі прийняття рішень щодо чіткого формулювання вхідних умов разом із обраним методом та грамотною інтерпретацією отриманих результатів. Залежно від ступеня прийняття оптимізаційних рішень класифікують в умовах визначеності (початкова інформація достеменно відома); невизначеності (початкові дані відсутні, провідна роль надається інтуїції та досвіду науковця або науковиці); часткової невизначеності (ідентифіковані деякі характеристики альтернативних варіантів та/або їх ймовірності; характер ситуацій може бути нейтральним або конфліктним) [74, 90, 91].

Дискурс оптимізації організаційного процесу будівельного виробництва апелює до системного підходу критеріальності господарювання підприємства. Прийняття обґрунтованого рішення щодо теоретико-методологічних засад оптимізації має враховувати зовнішні фактори впливу будівельного ринку. Рівень використання фінансових ресурсів регулюється

шляхом зміни напрямків оптимізаційних заходів підрядного підприємства. Пріоритетом для сучасних підрядних підприємств має стати провадження економічної діяльності на засадах комплексного підходу, концепція організаційного процесу якого спрямована на генерацію економічно-орієнтованих процесів (табл. 2.2).

Таблиця 2.2 – Варіативна стратегія оптимізації організаційного процесу підрядного підприємства [узагальнено автором]

Стратегічний вектор	Рівень імплементації
Мінімізація матеріально-технічних витрат	Ринковий
Підвищення конкурентоспроможності підприємства	Економічний
Дотримання нормативних показників якості	Проектний
Впровадження інноваційних технологій	Технічний

Високий рівень конкуренції на ринку галузі потенціює підрядні підприємства до встановлення інформаційно-технологічної бази щодо формування механізму оптимізації організаційного процесу. Визначений механізм імплементується під час формування стратегії економічної діяльності підрядного підприємства [75-78, 87, 90]. Необхідно зазначити, що основними показниками низької ефективності впровадження оптимізаційних моделей є систематичні відхилення від календарних планів будівництва та коливання кошторисної вартості в бік збільшення.

Аналітика вибору оптимального методу оптимізації має логічно визначену послідовність детерміновану аналізом організаційного процесу підрядного підприємства в межах її економічної діяльності, селекцією критеріїв оптимізації та формалізацію оптимізаційної задачі (рис. 2.1).

На етапі 1 формується перелік будівельних процесів підрядного підприємства в межах планової реалізації об'єкта будівництва, генерується їх розподіл на засадах критеріальної оптимізації. Аналіз та категоризація процесів за видами відбувається на етапі 2. Етап 3 ініціює розподіл будівельних процесів відповідно до показників обсягів ресурсів та перехід до етапу 4, на якому висувається пропозиція методу оптимізації. На етапі 5 локалізуються результати аналізу отриманої інформації. Фокус вибору критеріїв оптимізації

зосереджується на етапі 6. Згенеровані результати транслуються на етап 7 для формалізації оптимізаційної задачі. На етапі 8 аналізується коректність детермінованої задачі оптимізації організаційного процесу.

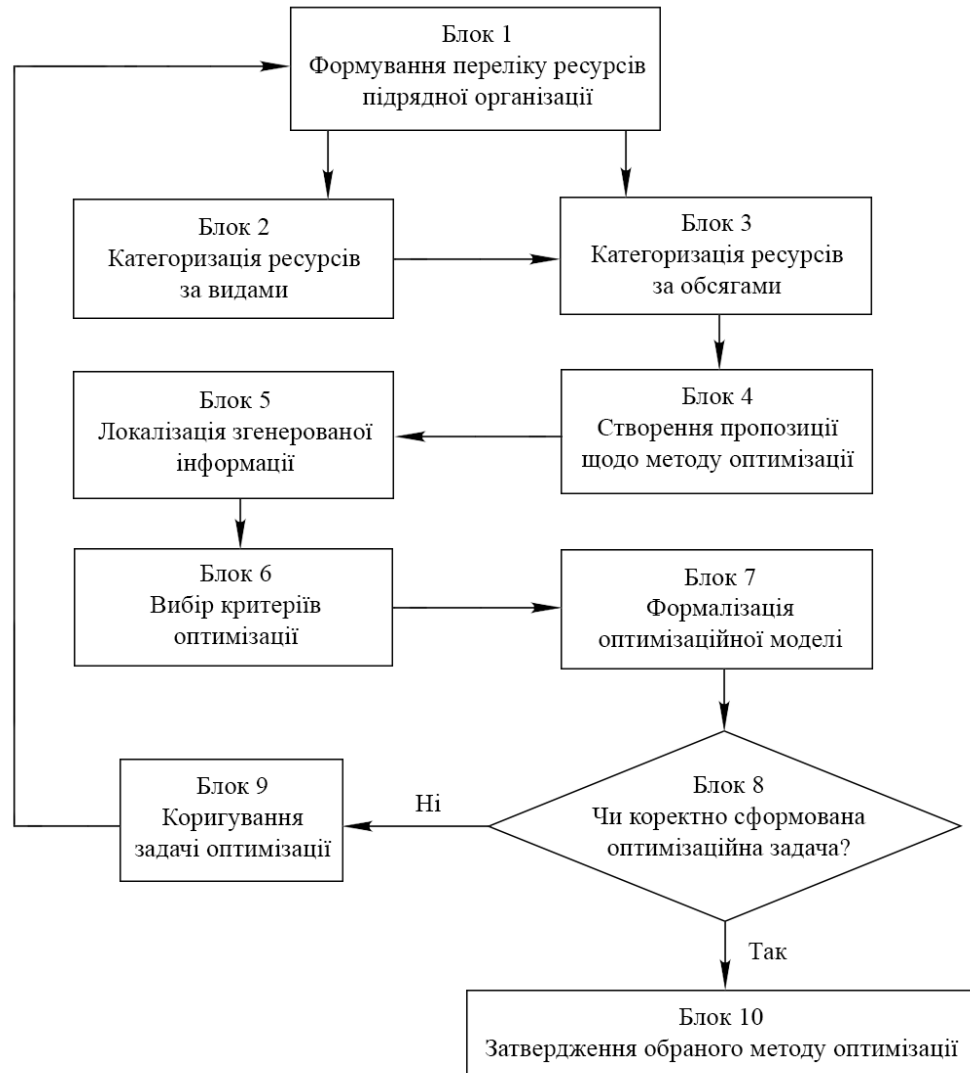


Рисунок 2.1 – Аналітичний алгоритм вибору оптимального методу оптимізації будівельного виробництва [розроблено автором]

Якщо отримані результати не відповідають вимогам оптимізаційної задачі, відбувається перехід до етапу 9, на якому надається корегування інформації та генеруються нові пропозиції щодо оптимізації. Надалі необхідно повернутися до етапу 1 та розпочати новий вибір оптимізаційної моделі. У випадку, коли на етапі 8 встановлена коректність оптимізаційної задачі, відбувається перехід до заключного етапу 10 та затвердження обраної моделі оптимізації організаційного процесу.

У сфері будівництва реалізація об'єктів є комплексним процесом, що зазнає впливу зовнішніх стохастичних факторів. Вибір оптимального методу оптимізації організаційного процесу підрядного підприємства ґрунтується на аналізі розподілу обсягів будівельних робіт в рамках стратегії розвитку та підвищення рівня конкурентоспроможності. Слід також враховувати поточні коливання ціноутворення на ринку будівельних послуг.

Контекст методологічних засад оптимізації організаційного процесу має виражену специфіку, яка спрямована на раціоналізацію та детермінацію обсягів будівельно-монтажних робіт на всіх етапах життєвого циклу об'єкта будівництва. Окреслений сетинг досягається шляхом інтеграції методів багатокритеріального ресурсного планування до методологічних засад оптимізаційних моделей будівельного виробництва.

Економіко-математична модель визначає ключові критерії організаційного процесу будівельного виробництва в рамках обраної стратегії розвитку, проте не охоплює мультикомплексні аспекти організації будівництва на всіх етапах реалізації об'єкта. Оптимізація детермінованого організаційного процесу має також враховувати стохастичні фактори, що в рамках математичного моделювання призводить до невизначеності системи та потенціації ризику не досягнути запланованих цілей оптимізаційної задачі. Розрахунок відповідних показників є вимагає розв'язання оптимізаційних задач з використанням автоматизованих програмних розрахунків, заснованих на алгоритмах більш складних моделей оптимізації.

2.2. Дефініція метода оптимізації організаційного процесу із врахуванням умов формування вітчизняного будівельного виробництва

Аналіз наукових досліджень обґрунтовує імплементацію моделі оптимізації організаційного процесу з метою мінімізації ризиків дереалізації будівельного об'єкта та показників фінансових витрат. На противагу цьому зменшення критеріїв часу та витрат може вплинути на ідентифікатор якості реалізації будівельного проєкту. Визначені ключові аспекти залишилися без

уваги в більшості сучасних наукових досліджень [30, 92-95]. В розрізі даної роботи автором було запропоновано розв'язання проблеми оптимізації організаційного процесу будівельного виробництва з врахуванням мінімізації часових та вартісних витрат із дотриманням вставлених критеріїв якості на засадах генетичного алгоритму еволюційного моделювання.

Еволюційне моделювання представляє собою теоретико-методологічну парадигму, засновану на фундаментальних принципах біологічної еволюції на базі селекції, кросовера та мутації особин. В локусі методології визначається природна еволюція, яка не імплементує зовнішнього втручання в організаційну систему, та керована еволюція, що сформована на засадах критеріальної селекції особин популяції [96, 97]. Дефініція ключової задачі керованої еволюції однією полягає у визначенні оптимальної стратегії відбору найкращих особин та розвитку популяції.

Еволюційне моделювання складається із спектра наукових напрямків: розробка оптимізаційних генетичних алгоритмів; еволюційне програмування (еволюційні стратегії, генетичне програмування); створення еволюційних моделей загального застосування. В центральному полі зору дослідження локалізована загальна однокритеріальна задача оптимізації організаційного процесу, яка побудована на засадах еволюційного моделювання та може бути сформульована цільовою функцією (фітнес-функцією):

$$f(x) = \{x = (x_1, x_2, \dots, x_N) \mid x_i \in [a_i, b_i], i = 1, 2, \dots, N\}, \quad (2.1)$$

де x_i – проєктні параметри критеріальної оптимізаційної задачі;

N – кількість організаційних параметрів;

a_i, b_i – граничні обмеження параметра.

Задача оптимізації полягає в мінімізації фітнес-функції $f(x)$, яка визначається аналітичним шляхом або репрезентацією результатом чисельного експерименту. У першому сценарії імплементация генетичного алгоритму є необґрунтованою, позаяк існує клас методів градієнтної

оптимізації задля отримання більш точного рішення. Другий сценарій позиціонує застосування генетичного алгоритму та інших методів стохастичної оптимізації за умови, що обчислювальна складність оптимізаційної задачі обумовлена неефективністю прямих чисельних алгоритмів (метод Хука-Дживса, алгоритм Нелдера-Міда) [98-100].

Імплементація генетичного алгоритму обґрунтована для класу NP-повних задач оптимізації, розв'язання яких може бути отримано на недетермінованій машині Тюрінга за поліноміальний час [101]. Доцільність застосування генетичного алгоритму обґрунтована й у випадках, коли формалізація оптимізаційної задачі стає непридатною для більш швидких алгоритмів локальної оптимізації (градієнтних алгоритмів), зокрема в площині оптимізації недиференційованої функції, задач багатокритеріальної глобальної оптимізації (табл. 2.3).

Таблиця 2.3 – Визначення методологічних логіко-структурних понять генетичного алгоритму [узагальнено автором]

Генетичний алгоритм	Математичний відповідник
Хромосома	Рішення, об'єкт, кортеж чисел
Ген	Змінна, параметр, характеристика, ознака
Алель	Значення фрагменту закодованого параметра
Локус	Номер фрагменту закодованого параметра
Генотип	Множина закодованих розв'язків, простір пошуку
Фенотип	Множина розв'язків задачі, простір рішень
Особина	Об'єкт, система
Пристосованість	Якість, оптимальність
Фітнес-функція	Цільова функція задачі оптимізації
Популяція	Множина числових векторів задачі
Покоління	Ітерація розрахунку

Генетичний алгоритм набуває практичної верифікації в системі оптимізації організаційного процесу будівельного виробництва, яка інтегрована з інформаційним сховищем бази критеріїв [96]. В такій системі оцінка значення фітнес-функції вимагає значних обчислювальних та часових ресурсів, що суттєво обмежує можливості імплементації точних методів нульового порядку. Зокрема, поширеним недоліком останніх є висока

ймовірність “застрягання” алгоритму в одному з локальних екстремумів, в той час, як в генетичному алгоритмі запобіжним регулятором окресленої проблематики виступає оператор мутації [97, 102, 103].

Функціонування генетичного алгоритму ініціюється з генерації початкової популяції – кінцевого набору допустимих варіантів розв’язання оптимізаційної задачі. На кожному етапі керованої еволюції за допомогою ймовірнісного оператора селекції обираються два рішення, які називаються батьками. Алгоритм вибору такий, що з ненульовою ймовірністю батьком може стати будь-який варіант, при цьому більше шансів отримують варіанти з кращим значенням цільової функції [99, 104]. Окреслений сетинг надає перевагу кращим рішенням, однак не ігнорує й менш успішні: на поточному етапі вони можуть не бути лідерами, проте допускається, що в них закладені параметри, які матимуть позитивну репрезентацію на наступному етапі керованої еволюції.

Після ідентифікації батьківських рішень застосовується оператор кросовера, який на базі комбінації параметрів кожного з батьків генерує новий варіант-потомка. Фундаментальним видом кросовера є однорідний оператор: він перебирає доступні параметри варіанту та з ймовірністю 0,5 випадковим чином делегує їм значення або від першого, або від другого батька. Таким чином, особа-нащадок репрезентує в собі властивості двох батьків [105].

Парадигма еволюції детермінує недостатність першого етапу для розвитку популяції, позаяк відсутнє набуття нових властивостей. На другому етапі варіант-потомок піддається корегувальним випадковим модифікаціям за допомогою оператора мутації [96]. Зрештою, варіант-потомок додається до популяції, а варіант з найменшим значенням фітнес-функції утилізується, що репрезентує завершення чергового кроку еволюції [99, 100, 106]. Кроки відтворюються до того моменту, поки не буде досягнуто бажане значення цільової функції або не буде пройдено вказану кількість ітерацій (рис.2.2).

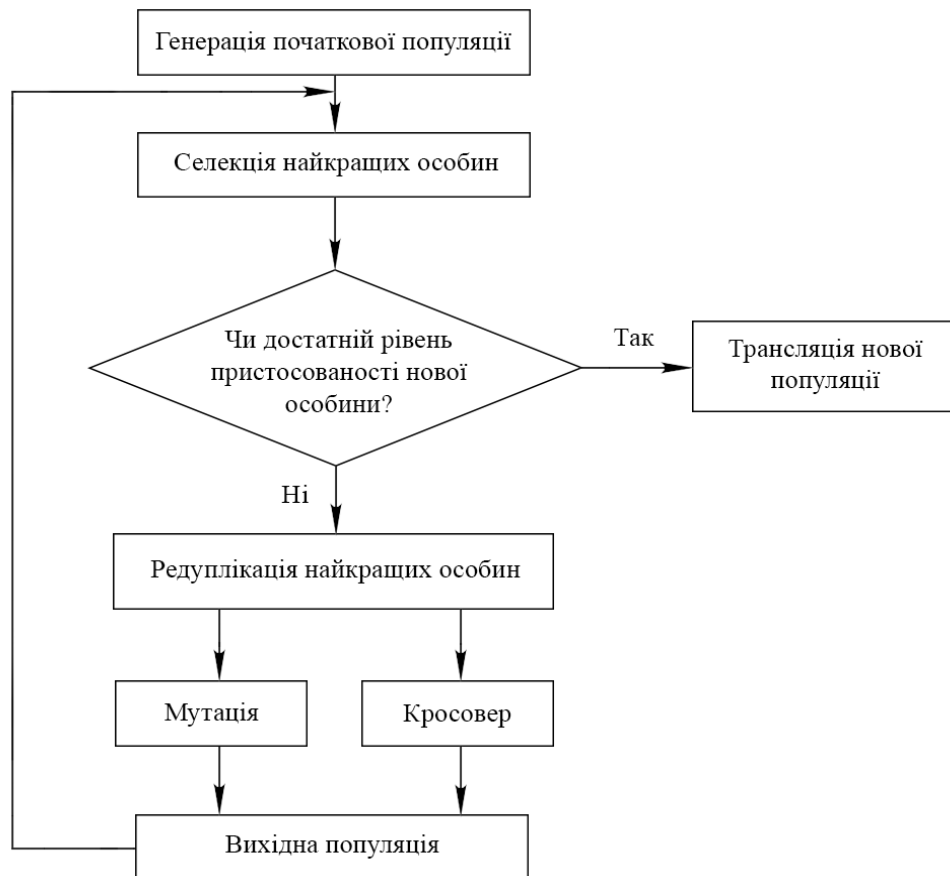


Рисунок 2.2 – Концептуально-методологічна блок-схема роботи генетичного алгоритму [розроблено автором]

Слід зазначити, що на противагу повного перебору, генетичний алгоритм не гарантує отримання найкращого рішення. Тим не менш, є велика ймовірність генерації ефективного варіанту, близького до оптимального, протягом детерміновано короткого періоду часу. Теза обґрунтована етапністю еволюції, де на кожному кроці популяція поліпшує загальні характеристики та наближає їх до оптимуму [99, 107]. Оскільки модифікації піддається популяція в цілому, виникає ймовірність того, що оптимізація завершиться глобальним, а не локальним оптимумом, є високою.

Детермінований фактор імплементації генетичного алгоритму безпосередньо локалізовано в просторі пошуку дослідження. Якщо визначений простір підлягає диференційному аналізу, і його структура дозволяє використовувати спеціалізовані методи пошуку, то застосування генетичного алгоритму стає менш ефективним з точки зору обчислювальних

ресурсів [108]. У випадку складного аналізу пошукового простору із слабо структурованою конфігурацією генетичний алгоритм репрезентується як ефективний метод метаевристичного пошуку рішення оптимізаційної задачі.

Припускаємо, що досягнення ефективності імплементації генетичного алгоритму можливе в наступних випадках:

- 1) наявності апріорних знань про пошуковий простір, які можуть бути використані при формуванні початкової популяції;
- 2) ймовірності звуження простору пошуку шляхом кластеризації змінних рішень із подальшою агрегацією, детермінація діапазонів чутливості значень регуляторів цільової функції оптимізаційної задачі;
- 3) організації ефективної конкурентної поведінки агентів-осіб генетичного алгоритму в процесі еволюції популяції, на кшталт поступового згасання непридатних осіб – “згасаюча селекція”;
- 4) застосуванні гібридної методології оптимізації, зокрема поєднання генетичного алгоритму з апроксимаційними підходами (жадібні алгоритми, динамічне програмування) задля зменшення кількості ітерацій витратного обчислення фітнес-функції.

Потенційним вектором критеріальної оптимізації організаційного процесу будівельного виробництва в парадигмі генетичного алгоритму є поетапне вдосконалення початкового проєкту будівництва. Проте зазначений підхід є доцільно аплікативним в розрізі складних систем із значною кількістю дискретних критеріїв. Позаяк існує ризик появи некоректного вектора модифікації, що призведе до знаходження локального оптимуму замість глобального. Таке підґрунтя має важливе значення для вирішення завдань оптимізації організаційного процесу в будівельному виробництві, коли вдосконаленню піддається не лише один варіант, а ціла популяція (набір варіантів), здатних до послідовних змін (створення нащадків), отриманих шляхом мутації. В розрізі даної роботи констатовано потенціал генетичного алгоритму як методологічного інструменту багатовимірної оптимізації організаційного процесу, концепція якого полягає у моделюванні розвитку

еволюції. В дискурсі генерації оптимізаційної моделі провідною стає задача забезпечення розмноження популяції, головний принцип якої є отримання нащадка, схожого на батьківський вектор. Іншими словами, ініціюється механізм успадкування на підґрунті випадковості характеристик системи, яка розвиваються досить повільно. В наслідок цього генетична різноманітність популяції зменшується, що може призвести до стагнації цільової функції в розрізі її мінімізації, і процес оптимізації стає менш ефективним.

Проблематика такого явища деконструюється шляхом використання механізму мутації, що включає в себе випадкові зміни характеристик випадкових особин популяції. Такий підхід дозволяє внести новий елемент у генетичну різноманітність. Інший значний аспект – механізм селекції, що полягає у відборі особин для ефективної оптимізації фітнес-функції. В загальній парадигмі відбирається кількість випадкових особин, які потенційно не надають найкращих результатів оптимізації, проте збагачують генетичний матеріал наступних поколінь різноманітністю. Імплементация вищезгаданих механізмів не завжди дозволяє досягти оптимального розв’язання задачі, позаяк популяція може втратити свою різноманітність та в певний момент часу застрягти в локальному оптимумі. В контексті подібного сценарію аплікаційним стає проведення процесу “струсу” (з аналогією до глобальних катаклізмів у природі). Під час “струсу” більшість особин популяції знищується, а нові особини вводяться для генетичного різноманіття, забезпечення пошуку оптимального рішення в дискурсі оптимізації.

2.3. Детермінація критеріїв оптимізації будівельного виробництва підрядних підприємств в дискурсі динамічних трансформацій будівельного ринку України

Центровий аспект розв’язання оптимізаційної задачі полягає у виправданні цілей та оцінці результативності її формалізації. Концептуально організаційний процес будівельного виробництва націлений на досягнення детермінованого кінцевого результату шляхом виконання спеціалізованих

дій та використанню доступних ресурсів підрядного підприємства. Низка наукових досліджень [14, 29, 109-112] відносить критерій “оптимальність” до ступеня ефективності виконаних дій, що репрезентує міру відповідності між вкладеними зусиллями та кінцевим результатом. В даному контексті оптимальність оптимізаційного рішення визначається як показник його відповідності визначеній меті: чим ефективнішим є організаційний процес, тим більше він обґрунтований в розрізі оптимізаційної моделі.

Аналітично критерій оптимізації виступає метрикою, що кількісно підтверджує рівень ефективності досягнення поставленої мети. Ситуативно формалізація критерію оптимізації може приймати різноманітний вигляд, навіть у випадку обструкції його репрезентації як стандартного організаційно-економічного показника [113]. Незалежно від умов, критерій оптимізації має відповідати наступним вимогам:

- 1) вимірювати ефективність організаційної системи;
- 2) мати фізичний зміст та числове вираження в реальному вимірі;
- 3) набути статистичного розуміння (мати відносно невелику дисперсію, визначатися із достатньою точністю без значних часових витрат);
- 4) володіти повнотою опису об’єкта оптимізації;

Додатково, у випадках фізичного змісту критерію оптимізації, доцільним стає пошук еталонного показника організаційної системи та порівняння його з реальним показником. В розрізі цього підходу стає зрозумілим, чи досягнутий теоретичний ліміт або існує ще значний потенціал для оптимізації. На шляху порівняння доцільно нормувати критерій ефективності за шкалою від нуля (найгірший показник) до одиниці (ідеальний показник). Першочергово це враховує кількісну природу показника, яка ідентифікує максимальний рівень економічного, організаційного або іншого ефекту прийнятого оптимізаційного рішення для комбінованої оцінки альтернативних векторів оптимізації [114-116].

Питання вибору критеріїв оптимізації становить одну з ключових аспектів у формуванні оптимізаційної моделі та включає значний

аналітичний компонент. Концепція формулювання завдань оптимізації репрезентує критерій оптимізації у вигляді аналітичного виразу. У випадках, коли незначний вплив випадкових відхилень незначний на систему можливо ігнорувати, критерій оптимізації H_{opt} може бути представлений як функція вхідних, вихідних та керівних параметрів:

$$H_{opt} = H(v_1, v_2, \dots, v_n, q_1, q_2, \dots, q_n, r_1, r_2, \dots, r_n), \quad (2.2)$$

де v – вхідні параметри оптимізації;

q – вихідні параметри оптимізації;

r – керівні параметри (регулятори);

n – кількість параметрів системи.

Оскільки система вихідних параметрів є функцією $f(r)$, то при фіксованих вхідних параметрах критерій оптимізації:

$$H_{opt} = H(\bar{r}_i) \quad (2.3)$$

Даний контекст диктує подвоєння значень керівних параметрів на величину критерію, яке відбувається або безпосередньо через пряме включення параметрів керування у функцію критерію оптимізації, або опосередковано, шляхом зміни вихідних параметрів оптимізації.

В умовах значних випадкових відхилень, що вимагають врахування, доцільно використовувати методи експериментальної статистики. Зазначені методи дозволяють отримати модель об'єкта оптимізації у формі функції, яка є вірною лише для обмеженої вивченої локальної зони, та видозмінюють критерій оптимізації:

$$q = \varphi(v_i, r_i), \quad (2.4)$$

$$H_{opt} = H(\bar{v}, \bar{r}) \quad (2.5)$$

Критерії оптимізаційної моделі є змінними відповідно до специфіки організаційного процесу будівельного виробництва. Найбільш поширеним є

застосування критеріального взаємозв'язку “тривалість-вартість” [40, 117]. Однак окреслена залежність має досить складний характер, обґрунтований наявністю різних методів визначення та велику кількість факторів зовнішнього впливу. Аналіз основних методів визначення цієї залежності є необхідним кроком для розробки оптимізаційної моделі, що забезпечить можливість визначення оптимальних значень часу та вартості з необхідною ефективністю організаційного процесу [118-120].

Методологічний конструкт комбінації критеріїв “тривалість-вартість” детермінує зменшення тривалості i -ої будівельно-монтажної роботи в розрізі пропорційного зростання її вартості [71]. Теза апелює до формування патерну, в якому вартість будівельної роботи c_i локалізується в межах оптимальної t_{min} та екстреної t_{max} тривалості відповідно (рис. 2.3).

На засадах лінійної апроксимації детермінується зміна вартості будівельно-монтажної роботи Δc_i в часовому вимірі:

$$\Delta c_i = (t_i^{max} - t_i) h_i, \quad (2.4)$$

$$h_i = \frac{c_i^{max} - c_i^{min}}{t_i^{max} - t_i^{min}}, \quad (2.5)$$

де h_i – додаткові витрати на інтенсифікацію будівельного виробництва в порівнянні із нормативною тривалістю.

Детермінація критеріїв оптимізації відіграє провідну роль у процесі розробки оптимізаційної моделі. Проведений аналіз у підрозділі 2.1 репрезентує порушення питання розв'язання організаційно-економічних завдань, в яких ідентифіковано єдиний критерій (максимум показника ефективності, прибутку, рентабельності, мінімум терміну окупності тощо). Впровадження лише одного критерію в площині оптимізації організаційного процесу може призвести до абсурдних результатів, які виходять за межі оптимальних рішень [40, 121].

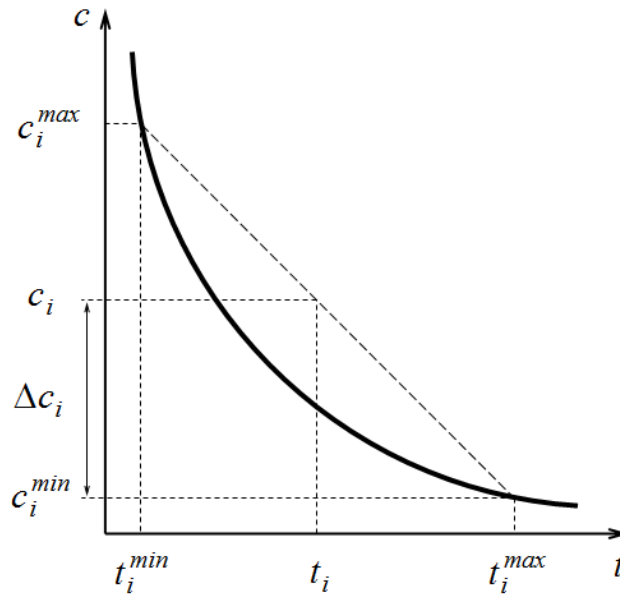


Рисунок 2.3 – Аналітичний графік залежності вартості від тривалості будівельно-монтажної роботи [розроблено автором]

Методи однокритеріальної оптимізації доволі поширені в проаналізованих наукових дослідженнях та дозволяють отримати однозначне рішення. У завданнях багатокритеріальної оптимізації абсолютно оптимального рішення отримати практично неможливо, оскільки при переході від одного варіанту до іншого, зазвичай відбувається оптимізація значення одних критеріїв, проте погіршуються значення інших [122-125]. Подібний патерн є суперечливим, а остаточно вибране рішення завжди буде компромісним. Окреслений компроміс вирішується аплікаційним введенням додаткових обмежень або суб'єктивних припущень.

Альтернативний підхід до модифікації на протипагу оптимізаційній моделі позиціонує використання безпосередньо самого об'єкта, однак така оптимізація на практиці має низку обмежень. По-перше, необхідний фізичний об'єкт оптимізації, що в рамках даної роботи є недоцільним. По-друге, виникає облігаторність корегування організаційного режиму в реальному часі. По-третє, окреслений підхід вимагає тривалого тестування та ускладнює обробку отриманих даних. На відміну від цього, генерація оптимізаційної моделі (за умови точного опису організаційної системи) надає можливість спрощення завдання оптимізації на засадах аналітичних методів.

В парадигмі даної роботи задля генерації оптимізаційної моделі прийнято рішення щодо зведення задачі двокритеріальної оптимізації за принципом “згортання” до однокритеріальної із залежності показників вартості будівельних робіт організаційного процесу від їх тривалості. Отримання оптимальної залежності вартості будівельного об’єкта від тривалості його реалізації, дозволяє встановити ліміти капіталовкладень та регулювати розподілення ресурсів підрядного підприємства на детермінованих етапах будівництва.

Висновки по розділу 2

Встановлено дискурс оптимізації організаційного процесу будівельного виробництва, який апелює до системного підходу критеріальності господарювання підрядного підприємства. Прийняття обґрунтованого рішення щодо теоретико-методологічних засад оптимізації має враховувати зовнішні фактори впливу будівельного ринку.

Детерміновано, що пріоритетом для сучасних підрядних підприємств має стати провадження економічної діяльності на засадах комплексного підходу, концепція організаційного процесу якого спрямована на генерацію проєктно-орієнтованих процесів. Високий рівень конкуренції на ринку галузі потенціює підрядні підприємства до встановлення інформаційно-економічної бази щодо формування механізму оптимізації організаційного процесу. Визначений механізм імплементується під час формування стратегії економічної діяльності підрядного підприємства.

Проаналізовано економіко-математичну модель, яка є найбільш поширеною та визначає ключові критерії організаційного процесу будівельного виробництва в рамках обраної стратегії розвитку, проте не охоплює мультикомплексні аспекти організації будівництва на всіх етапах реалізації об’єкта. Оптимізація детермінованого організаційного процесу має враховувати стохастичні фактори, що в рамках математичного моделювання призводить до невизначеності системи та потенціалі ризику не досягнути

запланованих цілей оптимізаційної задачі. Розрахунок відповідних показників вимагає розв'язання задачі оптимізації з використанням автоматизованих програмних розрахунків, заснованих на алгоритмах більш складних моделей модифікації.

Визначено потенціал генетичного алгоритму як методологічного інструменту багатовимірної оптимізації організаційного процесу, концепція якого полягає у моделюванні процесу еволюції. В дискурсі генерації оптимізаційної моделі провідною стає задача забезпечення розмноження популяції, головний принцип якої є отримання нащадка, схожого на батьківський вектор. Іншими словами, ініціюється механізм успадкування на підґрунті випадковості характеристик системи, яка розвиваються досить повільно. В наслідок цього генетична різноманітність популяції зменшується, що може призвести до стагнації цільової функції в розрізі її мінімізації, і процес оптимізації стає менш ефективним.

Проблематика вищезазначеного явища деконструйована шляхом використання механізму мутації, що включає в себе випадкові зміни характеристик особин популяції. Такий підхід дозволяє внести новий елемент у генетичну різноманітність. Інший значний аспект – механізм селекції, що полягає у відборі особин для ефективної оптимізації фітнес-функції. В загальній парадигмі відбирається кількість випадкових особин, які потенційно не надають найкращих результатів оптимізації, проте збагачують генетичний матеріал наступних поколінь різноманітністю.

В парадигмі даної роботи задля генерації оптимізаційної моделі на засадах генетичного алгоритму еволюційного моделювання прийнято рішення щодо зведення задачі двокритеріальної оптимізації за принципом “згортання” до однокритеріальної із залежності показників вартості будівельно-монтажних робіт від їх тривалості. Аналіз оптимальної залежності вартості будівельного об'єкта від тривалості його реалізації, дозволяє встановити ліміти капіталовкладень та регулювати розподілення фінансових ресурсів підрядного підприємства на детермінованих етапах будівництва.

РОЗДІЛ 3

ІНТЕГРАЦІЙНА РОЗРОБКА МОДЕЛІ ОПТИМІЗАЦІЇ БУДІВЕЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА ПІДРЯДНИХ ПІДПРИЄМСТВ НА БАЗІ ЕВОЛЮЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

3.1. Аналітико-математичні критерії розробки моделі оптимізації організаційного процесу на засадах генетичного алгоритму

Інтеграція методології генетичного алгоритму у процес генерації оптимізаційної моделі організаційного процесу будівельного виробництва вимагає створення концепції керованої еволюції та аналізу припустимих станів детермінованої системи. Підхід передбачає імплементацію процедури, яка дозволяє відстежувати набір допустимих станів системи. Еволюційне моделювання системи будівельно-монтажних робіт детермінує декомпозицію на підсистеми з метою забезпечення ефективної взаємодії системи із зовнішнім середовищем, оптимізації обміну фінансовими та інформаційними ресурсами між підсистемами.

Розглянемо організаційну систему Q , структуровану на M підсистем. Для кожної i -тої підсистеми визначається вектор $x^{(i)}$, який описує основні параметри функціонування підсистеми в розрізі оптимізаційної задачі, та функція активності $q^{(i)}$, що в парадигмі організаційного процесу дотичне до поняття інтенсивності:

$$x^{(i)} = (x_1^{(i)}, x_2^{(i)}, \dots, x_{mi}^{(i)}), \quad (3.1)$$

$$q^{(i)} = q(x^{(i)}) \quad (3.2)$$

Еволюційне моделювання апелює до ідентифікації комплексу показників $q_{max}^{(i)}$, $q_{min}^{(i)}$ та $q_{opt}^{(i)}$, що відображають максимальну, мінімальну та оптимальну активність i -тої підсистеми. Не менш важливими є відповідні значення для всієї організаційної системи q_{max} , q_{min} та q_{opt} . Додатково, для оцінки тривалості та вартості будівельно-монтажних робіт можна розглядати

співвідношення показника до його нормованого значення, а для комплексного аналізу впливу параметрів на стан системи використовувати аналоги міри інформаційної близькості.

У випадку відкритої організаційної системи міра інформації (ефективність оптимізаційного рішення) обчислюється наступним чином:

$$\Delta I = I_0 - I_1, \quad (3.3)$$

де I_0 – ентропія системи в початковому стані організаційного процесу;

I_1 – ентропія організаційної системи в кінцевому стані процесів.

Зменшення показника ΔI свідчить про наближення системи до стану статичної рівноваги, тоді як збільшення вказує на віддалення від цього стану. Таким чином, параметр ΔI визначається як кількість інформації, необхідної для здійснення переходу від одного рівня організації системи до іншого (при $\Delta I > 0$ – до вищого рівня, при $\Delta I < 0$ – до нижчого рівня організації).

Якщо окреслена керована організаційна система, про стан якої нам відомі лише q_{max} та q_{min} , із формалізованою цільовою функцією:

$$f(q(t), r(t)), \quad (3.4)$$

де $q(t)$ – стан системи в момент часу t ;

$r(t)$ – оптимізація з деякої множини допустимих варіантів із можливістю досягнення r_{opt} (оптимальної оптимізації в просторі R) при дотриманні умов $t_0 < t < T$, $q_{min} < q < q_{max}$, тоді ефективність оптимізаційного рішення I може бути виражена:

$$I = \frac{|f_{max} - f_{min}|}{f_{max} + f_{min}},$$

$$f_{max} = \max f(r_{opt}, q_{max}), \quad f_{min} = \min f(r_{opt}, q_{min}), \quad (3.5)$$

$$t \in [t_0; T], \quad q \in [q_{min}; q_{max}]$$

Таким чином, збільшення величини I свідчитиме про ефективність оптимізації системи будівельно-монтажних робіт будівельного виробництва.

Необхідно підкреслити, що визначені підсистеми взаємодіють прямо або опосередковано на базі системної активності $q(t)$, що має структуру:

$$\begin{cases} \frac{dq(t)}{dt} = \sum_{i=1}^m \varphi^{(i)}(q; q^{(i)}, t) \\ \frac{dq^{(i)}(t)}{dt} = \psi^{(i)}(q^{(i)}, q, t) \end{cases} \quad (3.6)$$

При цьому функції $\varphi^{(i)}$ та $\psi^{(i)}$ відображають здатність організаційної системи до еволюції та задовольняють умовам циклічності та згасання при зниженні активності:

$$\begin{aligned} (\exists 0 < T < \infty, \forall t: \varphi^{(i)}(q; q^{(i)}, t) &= \varphi^{(i)}(q; q^{(i)}, t + T), \\ \psi^{(i)}(q; q^{(i)}, t) &= \psi^{(i)}(q; q^{(i)}, t + T)) \end{aligned} \quad (3.7)$$

$$(q(t) \rightarrow 0 \forall i = 1, 2, \dots, m) \Rightarrow (\varphi^{(i)} \rightarrow 0, \psi^{(i)} \rightarrow 0) \quad (3.8)$$

Для досягнення стаціонарності системи функції $\varphi^{(i)}$ та $\psi^{(i)}$ визначаються в локусі отримання організаційною системою точки стану рівноваги, де значення $q_{opt}^{(i)}$ та q_{opt} досягаються в стаціонарних точках $t_{opt}^{(i)}$ та t_{opt} протягом коротких проміжків часу. В межах великих інтервалів часу, згідно до теорії катастроф, система може проявляти хаотичну поведінку, самотійно генерувати регулярні циклічні взаємодії (детермінований хаос).

В концепції виключення взаємоактивності $\psi^{(ij)}(s; s^{(i)}, s^{(j)}, t)$ підсистем i та j , функції $\varphi^{(i)}$ та $\psi^{(i)}$ набувають вигляду похідних функції Кобба-Дугласа:

$$\varphi(q) = \prod_{i=1}^m \left(\frac{q(t) - q_{max}}{q_{opt} - q_{min}} \right)^{\beta_i(t)} \left(\frac{q_{max} - q(t)}{q_{max} - q_{opt}} \right)^{-\beta_i(t) \frac{q_{max} - q_{opt}}{q_{opt} - q_{min}}}, \quad (3.9)$$

де β_i – коефіцієнт, що відображає ступінь саморегуляції та адаптивності організаційної системи.

Якщо організаційна система має потужність до відновлення ресурсів з коефіцієнтом $\beta(\tau, t, x)$ за умов $(0 < t < T, 0 < x < 1, 0 < \tau < T)$, то допускається закономірність, в межах якої збільшення кількості ресурсів пропорційно збільшенню темпів їх відновлення:

$$\beta(\tau, t, x) = \beta_0 + \beta_1 x \quad (3.10)$$

Окреслений сетинг дозволяє формалізувати неперервну еволюційну модель організаційної системи наступним чином:

$$x'(\tau) = - \left[v(\tau) + \int_0^\tau w(\tau, q) x(q) dq \right] x(\tau), \quad (3.11)$$

$$x(0) = \int_0^1 [\beta_0(\tau) + \beta_1(\tau) x(\tau)] x(\tau) d\tau, \quad (3.12)$$

де v – коефіцієнт природного приросту фінансових ресурсів;

w – коефіцієнт природної втрати фінансових ресурсів.

У випадку, коли $\beta(\tau) = \beta_0(\tau) + \beta_1(\tau) x(\tau) > 0$, тоді:

$$x(0) = \int_0^T \beta(\tau, x) x(\tau) d\tau \quad (3.13)$$

Детермінована оптимізаційна задача завжди має рішення при $x = 0$, тоді еволюційний потенціал μ організаційної системи визначається:

$$\mu = \int_0^T \beta(\tau) e^{-\int_0^\tau v(q) dq} d\tau \quad (3.14)$$

Дефініція положення репрезентує пряму залежність, в якій чим вище стає показник, тим більше зростає потенціал системи. Однак, попри

початкову кількість фінансових ресурсів, спостерігатиметься її незмінна поступова втрата, якщо потенціал $\mu < 1$.

Деконструйований аналітико-математичний сетинг позиціонує генетичний алгоритм як інструмент ефективної реалізації процедур еволюційного моделювання. Як було ідентифіковано в підрозділі 2.2, концепція генетичного алгоритму базується на природних системах, еволюція яких розгортається в складних умовах навколишнього середовища. Особливість генетичного програмування полягає в їх ефективній імплементації при вирішенні задач NP-класу, для яких неможливо побудувати алгоритм із поліноміальною зростаючою складністю.

Математична парадигма позиціонує залежність цільової величини від інших змінних, які формуються у вигляді запрограмованої керованої системи. Процес генерації таких систем розглядається як еволюція у “популяціях” оптимізаційних рішень. Якщо система ідентифікує варіант, що оптимально відтворює детерміновану залежність, вона вносить незначні корегування та селекціонує нащадків, що призведуть до підвищення ефективності результату. Системою також генерується низка паралельних генетичних векторів розвитку еволюції, які конкурують за точність відтворення встановленої залежності. Еволюційні методи оптимізації репрезентують ключові переваги для розв’язання оптимізаційних задач на базі впровадження випадкових елементів та гранично визначених показників. Вагомою тезою імплементації генетичного алгоритму в рамках аналітико-математичної концепції є також можливість відтворення процесів розвитку системи будівельно-монтажних робіт: отримані рішення за граничними критеріями породжують нові результати, які успадковують найкращі показники попередніх. Регулятором виступає процес мутації як випадковий імплементаційний елемент, що моделює трансформацію показників конкретного рішення та генерує нові вектори еволюції, сприяє прискоренню трансляції ефективного оптимізаційного рішення.

3.2 Генерація математичної концепції оптимізаційної задачі

Сучасний стан вітчизняних підрядних підприємств апелює до потреби оптимізації організаційного процесу будівельного виробництва, аналізу шляхів зниження негативного впливу економічних коливань нестійкого ринку України та максимального використання доступних фінансових ресурсів для провадження підприємницької діяльності. Результати аналізу в розрізі підрозділу 2.1 репрезентували низку методологій організаційно-економічного та фінансового спрямування, векторів стратегії розвитку підрядних підприємств з урахуванням майбутніх тенденцій економічного розвитку країни.

Деконструювання проблематики оптимізації будівельного виробництва підрядних компаній в умовах нестійкого ринку не знайшло відповідної репрезентації в наукових джерелах. Зазначений контекст актуалізував завдання розробки оптимізаційної моделі організаційного процесу будівельного виробництва на методологічних засадах генетичного алгоритму, ретельний аналіз яких було проведено в підрозділі 2.2-3.1, надано рекомендації щодо обґрунтованого вибору відповідної методології.

У контексті формалізації математичної моделі дискретної оптимізації підрядне підприємство ініціює реалізацію будівельного проєкту. Організаційний процес будівельного виробництва стратегічно містить n будівельно-монтажних робіт, при цьому кожна робота детермінована тривалістю t_i та кошторисною вартістю c_i . Проєктом обґрунтовано директивну тривалість T та кошторисну вартість $C = \{c_1, c_2, \dots, c_n\}$ в межах узгодженого графіка фінансування замовника на підставі договірної ціни, та внутрішньо встановлених лімітів капіталовкладень $B = \{b_1, b_2, \dots, b_n\}$ в детермінований період будівництва.

Важливо зауважити, що метою встановлення системи лімітів $B(b, \tau)$ є регулювання та нівелювання коливань капіталовкладень b_j підрядного підприємства в детермінований період τ_j реалізації будівельного об'єкта. Обумовлений сетинг, обґрунтований в підрозділі 1.2, деверсифікує фінансові

ризика впливу нестійкого ринку; потенціює адаптивність підрядного підприємства на засадах підвищення рівня його конкурентоспроможності, зокрема в межах збільшення річного обсягу реалізованих будівельно-монтажних робіт.

Концептуалізація вищезазначених тез формалізує цільову функцію оптимізаційної задачі:

$$Q = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (c_i(t_i) - b_i)^2 \rightarrow \min \quad (3.15)$$

Детермінована цільова функція є середнім квадратичним відхиленням між кошторисною вартістю системи будівельно-монтажних робіт C та системою капіталовкладень B .

Відповідно до планових організаційно-фінансових показників підрядне підприємство розробляє початковий укрупнений мережевий графік та календарний план організаційного процесу із визначенням критичного шляху $T_{кр}$ (при цьому $T_{кр} = T$), генерує розподілення капіталовкладень протягом усього терміну реалізації будівельно-монтажних робіт. Згідно з початковим графіком організаційний процес репрезентується у вигляді кортежу:

$$\begin{aligned} W &= (t_i, c_i(t_i)), \\ t_i &\in Z, c_i(t_i) \in R, i \in [1; n], \end{aligned} \quad (3.16)$$

де t_i – тривалість i -ої будівельно-монтажної роботи;

$c_i(t_i)$ – вартість детермінованої роботи організаційного процесу.

Передбачається, що протягом реалізації будівельного об'єкта, встановлено систему внутрішньо управлінських лімітів капіталовкладень, яка визначена кортежем:

$$\begin{aligned} B &= (\tau_j, b_j), \\ \tau_j &\in Z, b_j \in R, j \in [1; m], \end{aligned} \quad (3.17)$$

де τ_j – тривалість легітимності j -го ліміту капіталовкладень;

b_j – обсяг капіталовкладень в межах визначеного ліміту;

m – кількість встановлених лімітів.

При цьому в межах визначеної цільової функції припускається, що кількість встановлених лімітів дорівнює кількості робіт.

Допустимі граничні значення тривалості t_i будівельно-монтажної роботи визначаються коефіцієнтом сенситивності [73]:

$$K_s = \frac{T_f}{T}, \quad (3.18)$$

де T_f – організаційно-орієнтована тривалість будівельно-виробничого циклу з урахуванням фактичних умов забудови, зовнішніх факторів впливу нестійкого ринку та фінансового потенціалу підрядного підприємства.

В умовах діяльності підрядних підприємств рекомендовано приймати значення $K_s \in [0,7;1,3]$: при $K_s > 1,3$ малоімовірною стає реалізація будівельного об'єкта, оскільки виникає перевищення показників за чинними нормативами; при $K_s < 0,7$ будівельна організація втрачає конкурентоспроможність на будівельному ринку. Тоді отримуємо:

$$t_i^{min} = t_i - \Delta t_i, \quad t_i^{max} = t_i + \Delta t_i, \quad (3.19)$$

$$\Delta t_i = t_i |1 - K_s| \quad (3.20)$$

Варіативна зміна вартості будівельної роботи Δc_i визначається за встановленою формулою (2.4) та інтегрована зі зміною тривалості процесу при $t_i^{min} < t_i < t_i^{max}$. Зазначений патерн визначає вартість будівельно-монтажної роботи організаційного процесу c_i оптимізованою величиною, яка змінюється внаслідок модифікації тривалості t_i .

Обмеженням задачі оптимізації в розрізі цільової функції $Q(C,B,W)$ є рівність критичного шляху $T_{кр}$ та кошторисної вартості C на підставі

визначеної договірної ціни в розрізі початкового W та оптимізованого $\tilde{W}$ мережевого графіка (кортежу) організаційного процесу:

$$f(W) = f(\tilde{W}) \quad (3.21)$$

У контексті імплементації теоретико-методологічної парадигми генетичного алгоритму методом випадкових генерацій формуємо базову (вхідну) популяцію $P_0 = \{S_x\}^T$ числових векторів оптимізаційної задачі, при цьому елітна (вихідна) популяція $P_1 = \emptyset$. Кількість генерацій початкової популяції рекомендовано приймати $k \in [5;15]$, тоді $x = 1, \dots, k$.

Надалі в розрізі обмеження цільової функції $Q(C, B, W)$ виконується перевірка кожної особини S_x базової популяції за формулою:

$$f(S_x) = T - T_{кр}(S_x), \quad (3.22)$$

$$f(S_x) = C - C(S_x), \quad (3.23)$$

де $T_{кр}(S_x)$ – тривалість критичного шляху особини вхідної популяції;

$C(S_x)$ – кошторисна вартість особини вхідної популяції.

Аплікаційною реалізацією умов оптимізаційної задачі генерується селекція особин базової популяції, для яких $f(S_x) = 0$, наступним чином:

$$\text{if } (\forall S_x \in P_0) \exists S_x : f(S_x) = 0 \Rightarrow \begin{cases} P_1 = \emptyset \rightarrow S_x = \{rand(t_i), \dots, rand(t_n)\} \\ P_1 \neq \emptyset \rightarrow S_x = \tilde{S}_{rnd(\tilde{x})} \in P_1 \end{cases}, \quad (3.24)$$

$$Q(S_x) \times \left(1 + \chi \left(\frac{T_{кр}(S_x)}{T} - 1 \right) \times \left(\frac{T_{кр}(S_x)}{T} - 1 \right) \right), \quad (3.25)$$

де $rand$ – оператор випадкового вибору елементу з множини дискретних величин;

$\chi(y)$ – функція Гевісайда від змінної величини y , при чому $\chi(y) = 0$, якщо $y < 0$; $\chi(y) = 1$, якщо $y \geq 0$.

Ітераційне корегування вихідної популяції P_1 , яка адаптувала ефективні числові вектори оптимізаційної задачі, визначається умовою:

$$\text{if } \begin{cases} (\forall S_x \in P_0) \exists S_x \notin P_1 \\ Q(\forall S_x \in P_1) < Q(\forall \tilde{S}_x \in P_1) \end{cases} \Rightarrow \tilde{S}_x \in P_1 = S_x \in P_0 \quad (3.26)$$

Протягом корегування імплементується пакет мультиточкових операторів мутації та кросовера, який за числовими векторами оптимізаційних рішень генерує нову особину, з ймовірністю 0,5 привласнюючи відповідну координату кожного з батьківських векторів, в той час, як процедура мутації ідентифікується зміною координат кожного вектора на протилежні. Аплікаційні структури зазначених процедур детальніше розглянуто в підрозділі 3.3.

Реалізація генетичного алгоритму в межах дискретної оптимізації організаційного процесу завершується детермінацією параметрів зупинки розрахунку: якщо з плином ітерацій трансформації особин елітної популяції P_1 відсутні, розрахунок фіналізовано. Отриманий результат вважається розв'язанням оптимізаційної задачі, який інтегрується до показників модифікованого мережевого графіка та календарного плану будівельного виробництва $\tilde{W}(\tilde{T}, \tilde{C})$, та підлягає затвердженню в базисі управлінських рішень.

Розроблений аналітико-математичний конструкт моделі оптимізації організаційного процесу будівельного виробництва підрядних підприємств обґрунтований низкою імплементацийних характеристик генетичного алгоритму (рис. 3.1). Репрезентована можливість проблемно-орієнтованого кодування варіацій особин включно із стратегією вибору початкової популяції P_0 числових векторів S_x реалізує здійснення процесу керованої еволюції при наявності обмежень фінансових ресурсів системи, доводить аплікативність методологічних засад генетичного алгоритму для пошуку оптимізаційних рішень у мультикластерному просторі системи будівельно-монтажних робіт.

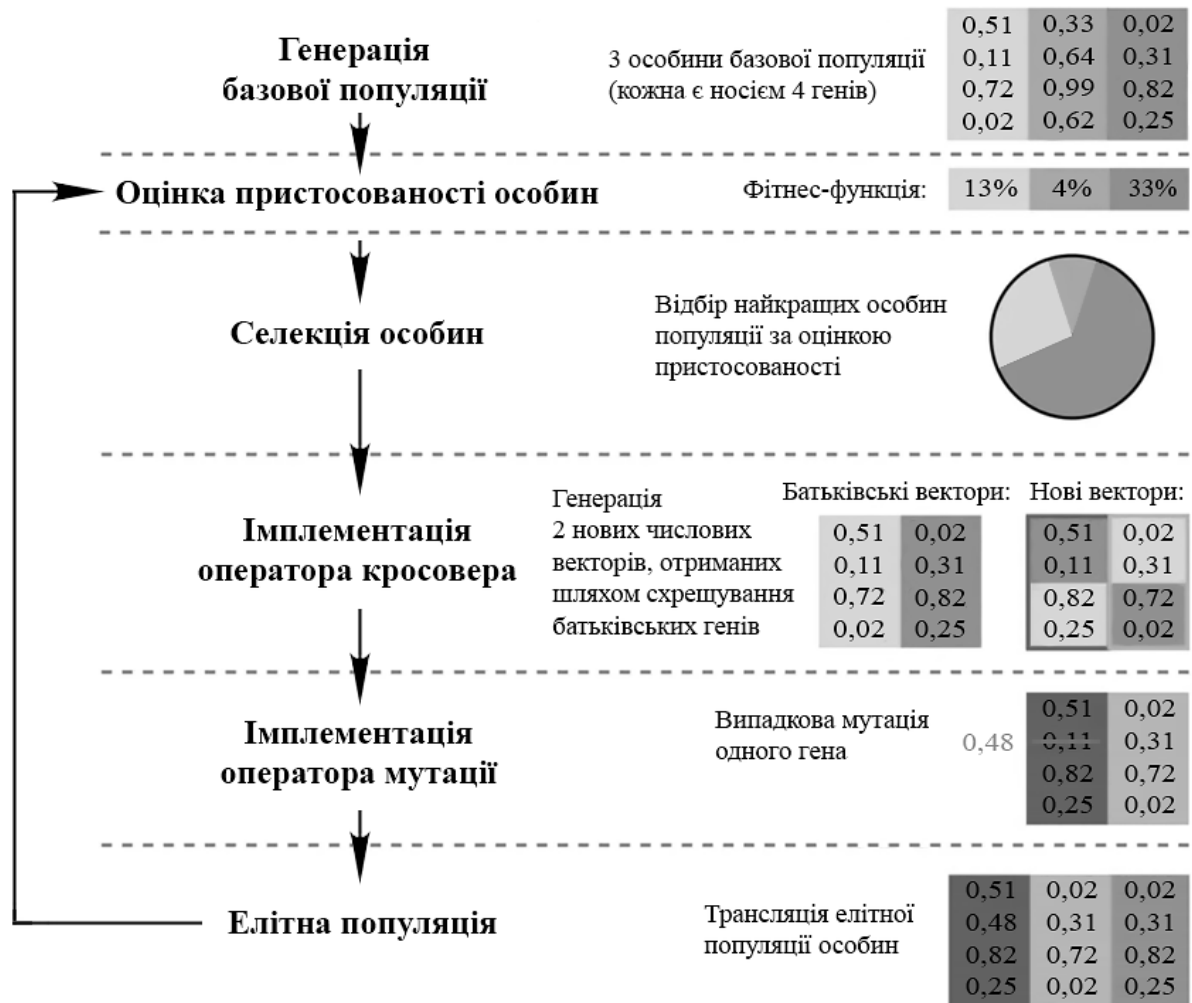


Рисунок 3.1 – Логіко-структурний алгоритм та прототип розрахунку запропонованої моделі оптимізації організаційного процесу будівельного виробництва [розроблено автором]

Концептуалізація кластерів генетичного алгоритму продемонструвала ефективність математичного розрахунку щодо пошуку розв'язків задачі оптимізації та форми інтерпретації цільової функції $Q(C, B, W)$, операторів кросовера, мутації та ймовірностей їх використання, стратегії селективного відбору та методів обчислень шляхом адаптації системи. Композиційна теза репрезентує базові постулати універсальності та фундаментальності, які властиві еволюції незалежно від рівня формалізації оптимізаційної задачі.

Вирішальним є швидкість ітераційного процесу та стійкість пошуку оптимізаційного рішення з метою оцінки практичної придатності та результативності методологічної платформи генетичного алгоритму –

здатність поетапного збільшення якості популяції до потрапляння у точки локальних екстремумів. Детермінована математична конфігурація посилює праксеологічний базис генетичного алгоритму у розв'язанні оптимізаційної задачі організаційного процесу з мультимодальною фітнес-функцією за відсутності альтернативних методів рішення стохастичних завдань.

3.3. Формалізація алгоритму оптимізації організаційного процесу будівельного виробництва

Імплементаційна ефективність генетичного алгоритму у розв'язанні задачі оптимізації організаційного процесу обґрунтована логіко-структурним патерном: аплікативність алгоритму більше, чим ширше варіювання потенційних розв'язків. Теза апелює до коливань зовнішнього середовища системи будівельного виробництва, яка експліцитно виступає каталізатором еволюції особин популяції, розширює можливості приросту носіїв бажаних стратегій оптимізації та посилює тиск на носіїв небажаних. Детермінована конфігурація інтенсифікує набуття високої адаптивності для оптимізованих будівельно-монтажних робіт в умовах найефективніших стратегій оптимізації, виродженню питомої частини низькоефективних числових векторів розв'язку в популяції особин.

В межах дослідження оптимізації організаційного процесу на підґрунті методологічного інструментарію еволюційного моделювання автором запропоновано алгоритм інтеграційної моделі оптимізації, обґрунтований математичною концепцією генетичного алгоритму в підрозділі 3.2. Базою реалізації розробленого алгоритму є розробка укрупненого мережевого графіка та календарного плану будівництва $W(T,C)$ в реальному вимірі, координація розподілення та встановлення лімітів капіталовкладень $B(b,\tau)$ протягом терміну реалізації об'єкта будівництва.

У блоці 1 виконується введення вхідних параметрів комп'ютерної моделі дискретної оптимізаційної задачі. Вхідними параметрами є код i -ої будівельної роботи, її тривалість та вартість згідно мережевого графіка

реалізації об'єкта будівництва $W(T,C)$, ліміти капіталовкладень із терміном легітимності відповідно до плану фінансування $B(b,\tau)$ (рис. 3.2), які задаються у форматі, наведеному у таблицях 3.1-3.2.

Таблиця 3.1 – Формат введення вхідних даних мережевого графіка реалізації будівельного об'єкта [розроблено автором]

Код (шифр) будівельної роботи	Тривалість будівельної роботи	Кошторисна вартість будівельної роботи
1-2	t_1	c_1
2-3	t_2	c_2
A-B	t_i	c_i

Таблиця 3.2 – Формат введення вхідних даних лімітів капіталовкладень [розроблено автором]

Тривалість легітимності ліміту	Обсяг капіталовкладень
τ_1	b_1
τ_2	b_2
τ_j	b_j

Блок 2 ініціює введення регуляційних параметрів генетичного алгоритму, до яких відноситься кількість генерацій початкової популяції k ; число батьківських рішень, що обираються для кросовера та його ймовірність; тип оператора мутації, ймовірність мутації та частка генів у мутації. Детерміновані параметри експліцитно впливають на швидкість отримання ефективного розв'язку оптимізаційної задачі, при цьому найбільш прийнятна множина значень параметрів визначається емпіричним шляхом.

Операція генерації базової популяції у блоці 3 є критично важливою в розрізі методології генетичного алгоритму, оскільки вона визначає якість та розподіл початкових числових векторів S_x , з якими алгоритм починає операційну діяльність. Оцінка якості вхідної популяції суттєво впливає на ефективність та швидкість збіжності числових векторів.

Базова популяція визначається шляхом випадкового варіювання детермінованого графіка організаційного процесу $W^0 = (t_i^0, c_i^0)$:

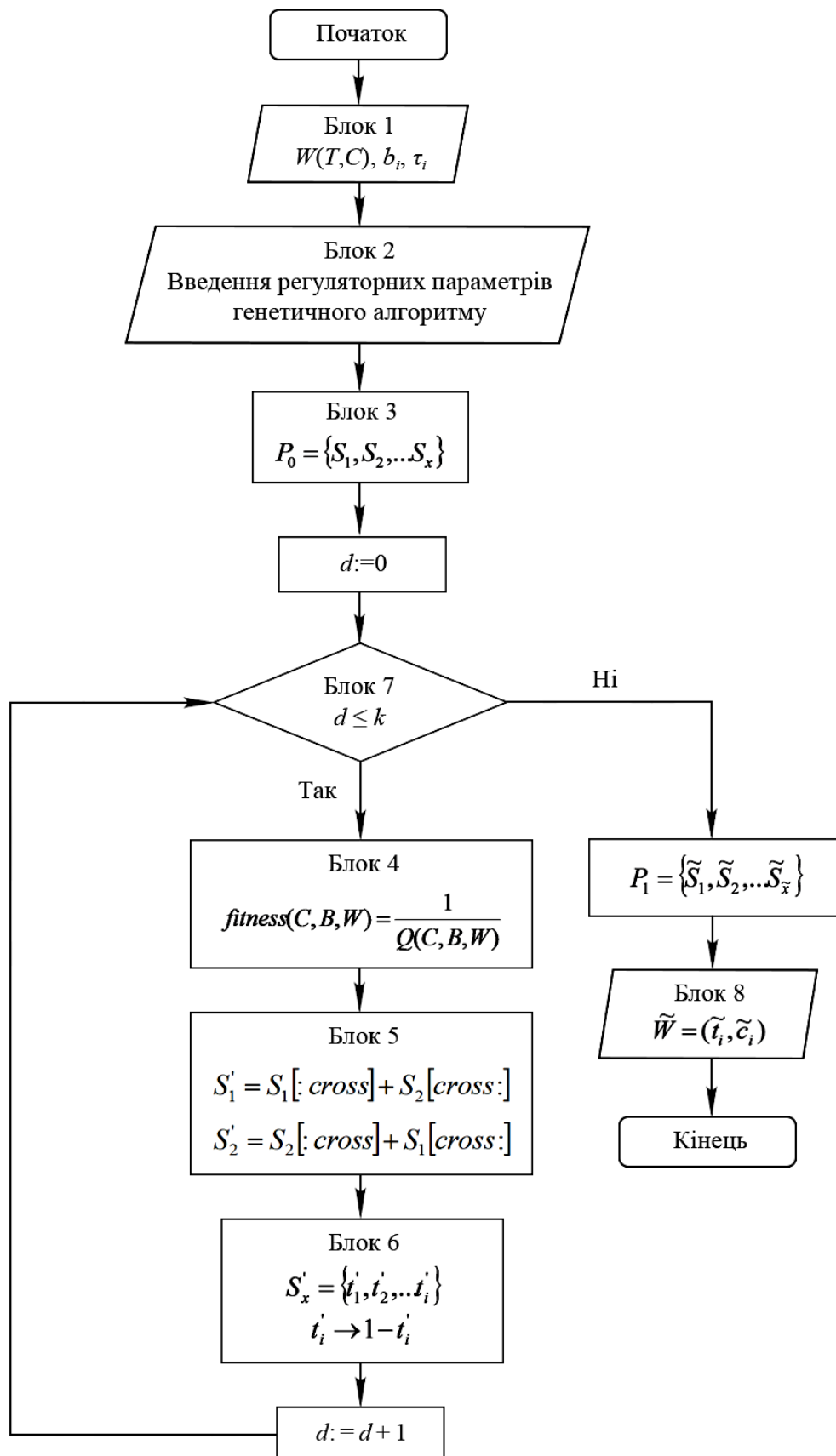


Рисунок 3.2 – Математичний алгоритм розв’язання інтеграційної моделі
оптимізації організаційного процесу будівельного виробництва
[розроблено автором]

$$t_i^0 = t_i^0 + t_i^0 \text{rand}(K_s), \quad (3.27)$$

де $\text{rand}(K_s)$ – оператор генерації множини псевдовипадкових значень в діапазоні $(-K_s, K_s)$.

Таким чином, формується вхідна популяція розв'язків P_0 на базі початкового графіка робіт:

$$\begin{aligned} P_0 &= \{S_x\}^T = \{S_1, S_2, \dots, S_x\}, \\ S_x &= \{t_1, t_2, \dots, t_i\}, \quad x \in [1; k], \quad i \in [1; n] \end{aligned} \quad (3.28)$$

де S_x – числовий вектор розв'язку оптимізаційної задачі базової популяції.

Після генерації вихідної P_0 популяції у блоці 4 виконується оцінка наближеності отриманих хромосом до оптимального розв'язку за допомогою фітнес-функції:

$$\text{fitness}(C, B, W) = \frac{1}{Q(C, B, W)} \quad (3.29)$$

Постетапом у блоці 5 є модерація заданої кількості найбільш близьких до оптимуму рішень особин, селекція та генерація числових векторів наступного покоління $P' = \{S'_x\}^T$ на базі стандартних операторів кросовера: одноточкового (*single point crossover*), двоточкового (*two point crossover*), рівномірного (*uniform crossover*) та розсіяного (*scattered crossover*).

При цьому вірогідність $\delta(S_x)$ селекції особин для кросовера пропорційна значенню цільової функції детермінованого числового вектора та визначається:

$$\delta(S_x) = \frac{Q(S_x)}{\sum_{x=1}^k Q(S'_x)}, \quad (3.30)$$

де S'_x – числовий вектор проміжної (нової) популяції P' .

Вищезазначені оператори у генетичному алгоритмі впроваджується з метою моделювання нових особин (нащадків) шляхом комбінування генетичного матеріалу батьківських числових векторів (хромосом), що на прикладі одноточкового кросовера має вигляд:

$$\begin{aligned} S'_1 &= S_1[:cross] + S_2[cross:], \\ S'_2 &= S_2[:cross] + S_1[cross:], \end{aligned} \quad (3.31)$$

де S_1, S_2 – батьківський числові вектори базової популяції;

S'_1, S'_2 – хромосоми проміжної популяції;

$[:cross]$ – операція відбору елементів хромосоми до точки кросовера;

$[cross:]$ – операція ідентифікації елементів після точки кросовера;

Теоретико-методологічна концепція операторів кросовера графічно проілюстрована на рисунку 3.3-3.4 в розрізі двох батьківських числових векторів S_1 та S_2 .

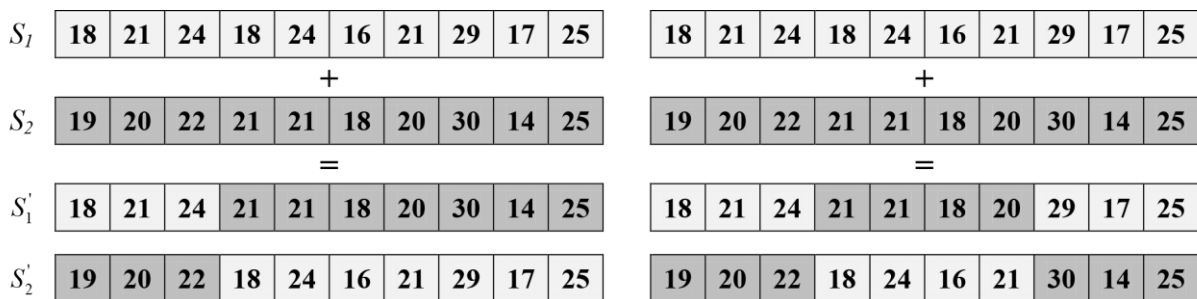


Рисунок 3.3 – Графічна схема принципу роботи оператора одноточкового та двоточкового кросовера [розроблено автором]

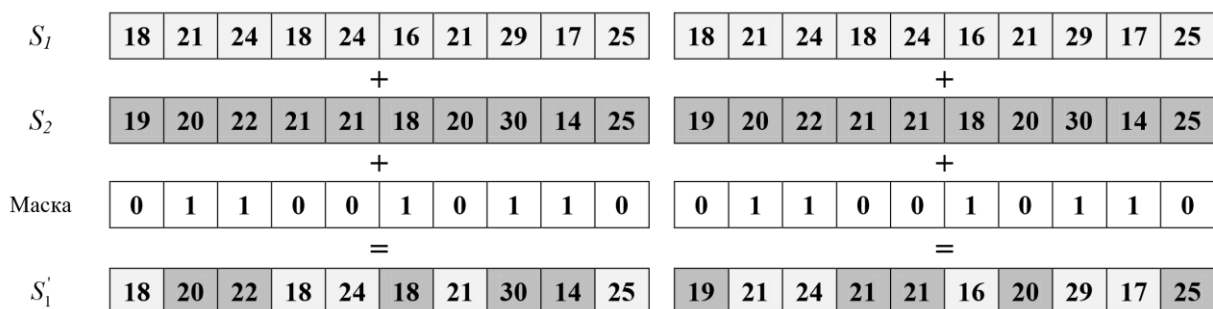


Рисунок 3.4 – Графічна схема принципу роботи оператора рівномірного та розсіяного кросовера [розроблено автором]

Імплементація оператора мутації в блоці 6 відіграє важливу роль у збереженні різноманітності особин S'_x в популяції та ініціює уникнення збіжності до локальних екстремумів у пошуку оптимальних рішень дискретної задачі оптимізації за правилом:

$$S'_x = \{t'_1, t'_2, \dots, t'_i\},$$

$$t'_i \rightarrow 1 - t'_i \quad (3.32)$$

В межах запропонованого алгоритму застосовуються наступні оператори мутації: випадкова, обмін, скремблінг та інверсія.

Випадкова мутація змінює значення деяких генів хромосоми за константою *mutation percent genes*, яка встановлюється в блоці 2. Для кожного гена призначається випадкове значення відповідно до діапазону, визначеного атрибутами *random mutatio min val* та *random mutation max val*, після чого обране значення додається до ідентифікованого гена числового вектора. Мутація обміну приводить до трансфузії значень двох генів, що підлягають трансформації. При інверсивній мутації інвертується підмножина генів числового вектора, в той час, як скремблінг призводить до мікшування у випадковому порядку деякої підмножини генів особини (рис. 3.5).



Рисунок 3.5 – Графічна схема принципу роботи оператора мутації

[розроблено автором]

Суттєвим елементом генетичного алгоритму є умова зупинки в блоці 7, де перевіряється умова досягнення максимальної кількості нових генерацій d , яка обґрунтована забезпеченням ефективності, уникненням перенавчання та мінімізацією ризику зациклення алгоритму, при цьому $2 \leq d \leq k$.

Блок 8 транслює отримані результати оптимізації у вигляді елітної популяції числових векторів, які інтегровано до нового мережевого графіка організаційного процесу $\tilde{W} = (\tilde{t}_i, \tilde{c}_i)$:

$$\begin{aligned} P_1 &= \{\tilde{S}_{\tilde{x}}\}^T = \{\tilde{S}_1, \tilde{S}_2, \dots, \tilde{S}_{\tilde{x}}\}, \\ \tilde{S}_{\tilde{x}} &= \{\tilde{t}_1, \tilde{t}_2, \dots, \tilde{t}_i\}, \quad \tilde{x} \in [1; d] \end{aligned} \quad (3.33)$$

Оптимізований мережевий графік та календарний план організаційного процесу підлягає аналізу щодо ефективності отриманих результатів. У випадку отримання низько- та середньоефективних результатів, що не відповідають очікуваному заявленню, ітераційний процес підлягає повторенню із зміною та встановленням нових регуляційних параметрів генетичного алгоритму у блоці 2. Якщо отримані результати є високоефективними, оптимізований мережевий графік $\tilde{W}(\tilde{T}, \tilde{C})$ організаційного процесу реалізації будівельного об'єкта підлягає затвердженню на підґрунті управлінських рішень. На цьому алгоритм розв'язання дискретної оптимізаційної задачі вважається завершеним.

Розроблений алгоритм моделі оптимізації організаційного процесу посилює концепцію, відповідно до якої методологічні підходи генетичного алгоритму створюють умови для активної стагнації розвитку низькоефективних числових векторів. Критична оцінка оптимізації організаційного процесу на методологічній платформі генетичного алгоритму визначає потребу в створенні комбінованих умов відбору, що застосовуються до всіх особин популяції. Конклюдія визначених факторів зводить до необхідності підсилення механізмів збільшення ефективних особин та дифузії їх входу в елітну популяцію.

Аналітична парадигма розробленого алгоритму інтеграційної моделі в ретроспективі даного дослідження визначає систему будівельно-монтажних робіт як мультикритеріальну ієрархічну систему, функціонування якої спрямовано на ефективне провадження господарчої діяльності підрядного підприємства із диверсифікацією ризиків нестійкого вітчизняного ринку. Іншими словами, еволюційний розвиток системи будівельного виробництва визначає вектор організаційних рішень з метою введення об'єктів будівництва в експлуатацію з відповідними показниками якості в детерміновані строки на засадах мінімізації фінансових витрат.

Методологія генетичного алгоритму визначає процес розрахунку окресленої системи як створення допустимих станів та відстеження траєкторій їхнього розвитку. Обґрунтована концепція вищезазначених принципів значною мірою актуалізує мету та доводить облігаторність оптимізації організаційного процесу будівельного виробництва вітчизняних підрядних підприємств.

Висновки по розділу 3

Обґрунтовано позиціонування математичної парадигми генетичного алгоритму в площині залежності цільової величини від інших змінних, які формуються у вигляді запрограмованої керованої системи. Процес генерації таких систем розглядається як еволюція у “популяціях” оптимізаційних рішень. Якщо система ідентифікує варіант, що оптимально відтворює детерміновану залежність, вона вносить незначні корегування та селекціонує нащадків, що призведуть до підвищення ефективності результату. Системою також генерується низка паралельних генетичних векторів розвитку еволюції, які конкурують за точність відтворення встановленої залежності.

Репрезентовано ключові переваги еволюційного методу для розв’язання оптимізаційної задачі на базі впровадження випадкових елементів та гранично визначених показників. Вагомою тезою імплементації генетичного

алгоритму в рамках аналітико-математичної концепції є можливість відтворення процесів розвитку системи будівельного виробництва: отримані рішення за граничними критеріями породжують нові результати, які успадковують найкращі показники попередніх. Регулятором виступає процес мутації як випадковий імплементаційний елемент, що моделює трансформацію показників конкретного рішення та генерує нові вектори еволюції, сприяє прискоренню трансляції ефективного рішення.

Розроблено математичний конструкт моделі оптимізації організаційного процесу будівельного виробництва підрядних підприємств обґрунтований низкою імплементаційних характеристик генетичного алгоритму. Визначено можливість проблемно-орієнтованого кодування варіацій особин включно із стратегією вибору початкової популяції P_0 числових векторів S_x , яка реалізує здійснення процесу керованої еволюції при наявності обмежень фінансових ресурсів системи, доводить аплікативність методологічних засад генетичного алгоритму для пошуку оптимізаційних рішень у мультикластерному просторі системи будівельно-монтажних робіт.

Концептуалізовано кластери генетичного алгоритму щодо ефективності пошуку розв'язків задачі оптимізації та форми інтерпретації цільової функції $Q(C, B, W)$, операторів кросовера, мутації та ймовірностей їх використання, стратегії селективного відбору та методів обчислень шляхом адаптації системи. Композиційна теза репрезентує базові постулати універсальності та фундаментальності, які властиві еволюції незалежно від рівня формалізації оптимізаційної задачі. Вирішальним стала швидкість ітераційного процесу та стійкість пошуку оптимізаційного рішення з метою оцінки практичної придатності та результативності методологічної платформи генетичного алгоритму – здатність поетапного збільшення якості популяції до потрапляння у точки локальних екстремумів. Детермінована математична конфігурація посилила праксеологічний базис генетичного алгоритму у вирішенні завдання дискретної оптимізації організаційного

процесу з мультимодальною фітнес-функцією за відсутності альтернативних методів рішення стохастичних завдань.

В межах дослідження оптимізації організаційного процесу на підґрунті методологічного інструментарію еволюційного моделювання автором запропоновано алгоритм інтеграційної моделі оптимізації. Базою реалізації розробленого алгоритму є розробка мережевого графіка та календарного плану будівництва $W(T,C)$ в реальному вимірі, координація розподілення та встановлення лімітів капіталовкладень $B(b,\tau)$ протягом терміну реалізації об'єкта будівництва.

Проведено критичну оцінку оптимізації організаційного процесу на методологічній платформі генетичного алгоритму та виявлено потребу в створенні комбінованих умов відбору, що застосовуються до всіх особин популяції. Конклюдія визначених факторів призвела до необхідності підсилення механізмів збільшення ефективних особин та дифузії їх входу в елітну популяцію.

На підґрунті аналітичної парадигми розробленого алгоритму інтеграційної моделі встановлена дефініція системи будівельно-монтажних робіт як мультикритеріальної ієрархічної системи, функціонування якої спрямовано на ефективне провадження господарчої діяльності підрядного підприємства із диверсифікацією ризиків нестійкого вітчизняного ринку. Іншими словами, еволюційний розвиток організаційного процесу визначає вектор організаційних рішень з метою введення об'єктів будівництва в експлуатацію з відповідними показниками якості в детерміновані строки на засадах мінімізації фінансових витрат. Обґрунтована концепція вищезазначених принципів вкотре актуалізувала мету та визначила облігаторність оптимізації будівельного виробництва вітчизняних підрядних підприємств.

РОЗДІЛ 4

МОНІТОРИНГ РОЗРАХУНКОВИХ КРИТЕРІЇВ ТА ВЕРИФІКАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТІ ІНТЕГРАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ ОПТИМІЗАЦІЇ

4.1. Ініціація автоматизованого розрахунку критеріальної задачі оптимізації будівельного виробництва на засадах генетичного алгоритму

Розвиток сучасних вітчизняних підрядних підприємств апелює до потреби оптимізації організаційного процесу будівельного виробництва, аналізу шляхів зниження негативного впливу економічних коливань нестійкого ринку України та максимального використання доступних фінансових резервів для провадження підприємницької діяльності. Визначена мета обґрунтувала запропоновану модель оптимізації та згенерувала розробку автоматизованого розрахункового комплексу *CrithPath*, роботу якого було імplementовано до організаційного процесу низки регіональних підрядних підприємств. Приклад ітераційного розрахунку комплексу розглянемо на системі модифікації організаційного процесу будівельного виробництва ТОВ “АБК МЕГА”.

Підприємство ініціювало реалізацію будівельно-монтажного проєкту з директивною тривалістю $T = 310$ днів та кошторисною вартістю $C = 46\,802$ тис грн в межах детермінованого графіка фінансування замовника на підставі договору підряду та динамічної договірної ціни. На базі проєктно-технічних показників підприємством визначено комплекс основних будівельно-монтажних робіт (табл. 4.1), розраховано критичний шлях $T_{кр} = 310$ днів організаційного процесу та розроблено укрупнений мережевий графік будівництва.

Розроблений мережевий графік було покладено в основу стратегічного календарного плану організаційного процесу $W(T, C)$ в реальному вимірі та графіка капітальних вкладень протягом усього циклу будівництва (рис. 4.1). Актуальним постало питання встановлення лімітів капіталовкладень та періодів їх легітимності з метою диверсифікації фінансових ризиків впливу нестійкого ринку, збільшення рівня адаптивності системи організаційного

процесу підрядного підприємства. В рамках запропонованої моделі оптимізації було визначено, що оптимальна легітимність лімітів може бути визначена тривалістю будівництва та диференційно має місячну, квартальну та неритмічну періодичність, а також загальну на весь період будівництва.

Таблиця 4.1 – Показники тривалості та вартості будівельно-монтажних робіт

Номер роботи	Код роботи	Тривалість роботи t , дні	Вартість роботи c , тис грн
1	1-2	95	7064
2	1-4	120	5298
3	2-3	45	10596
4	2-4	145	6181
5	3-5	120	4415
6	4-5	70	13248
Критичний шлях: $T = 310$ днів		Послідовність робіт критичного шляху: (1-2)(2-4)(4-5)	

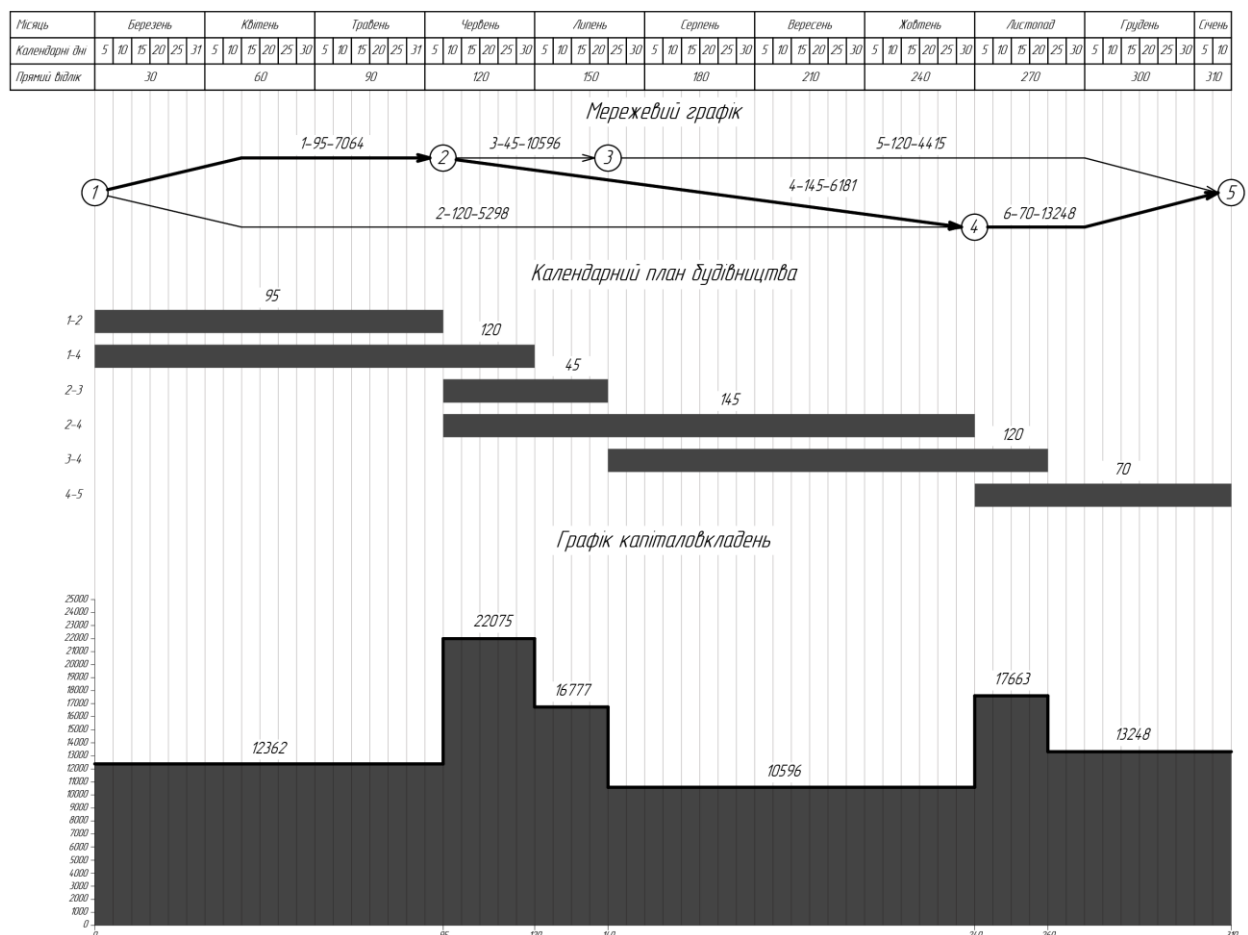


Рисунок 4.1 – Початковий стратегічний календарний план організаційного процесу будівельного виробництва

У межах дослідження автором була проведена попередня серія обчислювальних експериментів та отримано емпіричні дані, що дозволяють здійснити аналіз взаємозв'язку між тривалістю будівельного виробництва та оптимальним періодом легітимності лімітів капітальних вкладень (табл. 4.2).

Таблиця 4.2 – Результати експериментальних обчислень щодо оптимального встановлення лімітів капіталовкладень різного періоду легітимності [розроблено автором]

Директивна тривалість будівництва, рік	Загальна кількість розрахункових експериментів	Застосований період легітимності ліміту	Кількість експериментів за встановленим періодом	Успішність реалізації визначеної періоду, %
до 1	180	місячний	61	3,2
		неритмічний	52	11,4
		загальний	67	87,3
1-1,5	295	місячний	82	16,2
		квартальний	71	30,9
		неритмічний	79	48,1
		загальний	63	4,8
більше 1,5	229	місячний	48	10,6
		квартальний	54	61,8
		неритмічний	68	25,2
		загальний	59	1,1

Отримані емпіричні дані та детермінована тривалість оптимізаційного процесу реалізації будівельного об'єкта ідентифікували рішення щодо встановлення ліміту на весь період будівництва $\tau = 310$ днів. Автором було запропоновано розглянути 3 сценарії оптимізації: в першому встановлюється ліміт в межах наближеного до максимального показника капіталовкладень $b_A = 17\,500$ тис грн, а двох інших – по усередненим значенням фінансових витрат $b_B = 13\,600$ тис грн та $b_C = 12\,900$ тис грн (табл. 4.3).

Таблиця 4.3 – Критерії запропонованих стратегій оптимізації в розрізі плану капіталовкладень $B(\tau, b)$ [узагальнено автором]

Стратегія оптимізації	Легітимність ліміту τ , дні	Ліміт капіталовкладень b , тис грн
Сценарій А	310	17500
Сценарій В	310	13600
Сценарій С	310	12900

Після генерації вхідних даних було розпочато процес оптимізації організаційного процесу будівельного виробництва в межах окреслених стратегій. Загалом було проведено 163 розрахункових експерименти по трьом сценаріям, серед них 54 розрахунки по сценарію А, 44 – по сценарію В та по сценарію С – 65 розрахунків. Нижче репрезентовано та проаналізовано найбільш успішні комбінації параметрів генетичного алгоритму та отримані шляхом їх імплементації оптимізаційні рішення по кожному сценарію, які були представлені до розгляду та затвердження в межах управлінських рішень підрядного підприємства.

Початок роботи із розрахунковим комплексом передбачає визначення регуляторних параметрів генетичного алгоритму: кількості генерацій k ; числа батьківських рішень, що беруть участь у кросовері; типу функції кросовера, типу функції мутації, ймовірності та частки генів мутації. Оператор кросовера за числовими векторами оптимізаційних рішень генерує нову особину, з ймовірністю 50% привласнюючи відповідну координату кожного з батьківських векторів, в той час, як процедура мутації ідентифікується зміною координат кожного вектора на протилежні.

Регуляторний сетинг генетичного алгоритму в розрізі сценарію А визначений встановленням $k = 8$ генерацій числових векторів базової популяції, вибором двоточкового оператора кросовера з вірогідністю схрещування 80%. Типом оператора мутації обрано скремблінг з ймовірністю мутації 70% у 60% генів особин (рис. 4.2).

На початку розрахунку в робочому вікні комплексу репрезентуються вхідні дані початкового календарного плану будівництва в табличній формі, зокрема ліміти капітальних вкладень із легітимними періодами їх тривалості, перелік (шифри) будівельно-монтажних робіт та їх кошторисних вартостей згідно договірної ціни. Надалі користувачу або користувачці транслюється початковий календарний графік організаційного процесу та розподілення капіталовкладень з детермінованим лімітом $b_A = 17\,500$ тис грн (рис. 4.3-4.4); розраховується тривалість та послідовність критичного шляху.

Кількість генерацій: 8

Число батьківських рішень: 2

Тип кроссовера:

- ☐ одноточковий
- ☒ двоточковий
- ☐ рівномірний
- ☐ розсіяний

Ймовірність скрещування: 80

Тип мутації:

- ☐ випадкова
- ☐ обмін
- ☒ скремблінг
- ☐ інверсія

Ймовірність мутації гену: 70

Частка генів у мутації: 60

Run

Рисунок 4.2 – Панель налаштувань регуляторних показників генетичного алгоритму за сценарієм А

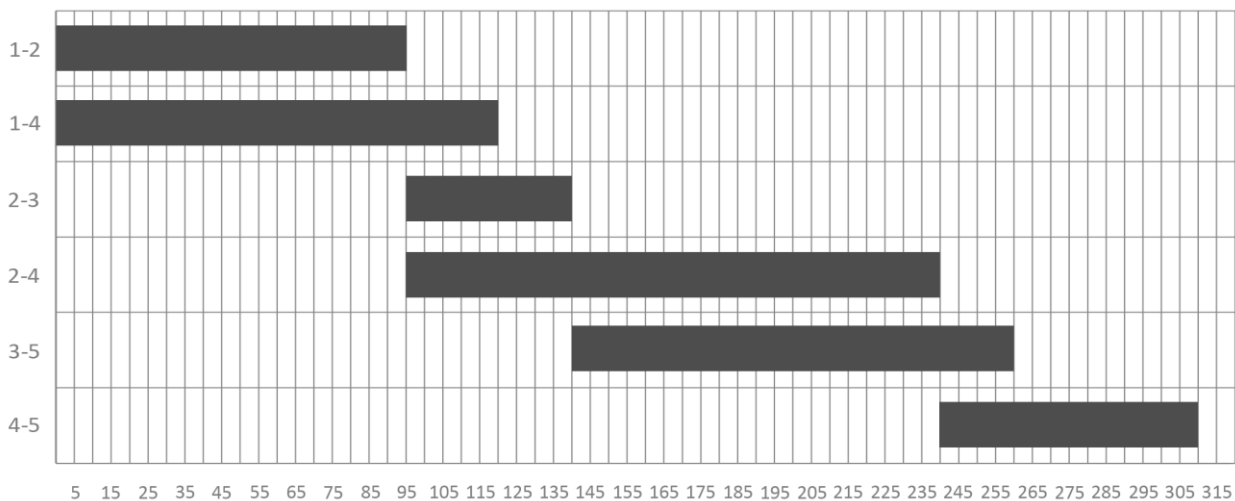


Рисунок 4.3 – Трансляція початкового календарного плану організаційного процесу реалізації будівельного об'єкта

Шляхом імплементації пакета мультиточкових операторів мутації та кроссовера, регуляторні критерії яких задано на початку розрахунку в меню налаштувань комплексу, виконується реалізація генетичного алгоритму, описаного в підрозділі 3.3 в межах дискретної оптимізації організаційного процесу будівництва. Наприкінці розрахунку в робочому вікні комплексу користувачу або користувачці транлюється таблиця оптимізованих показників будівельно-монтажних робіт, оптимізований календарний план та графік капіталовкладень (рис. 4.5-4.7).

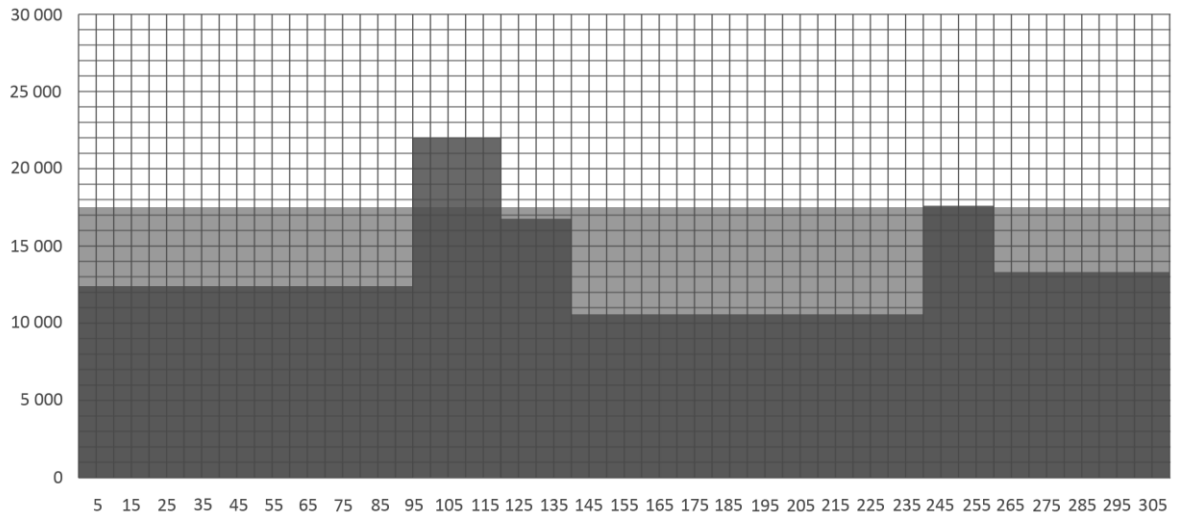


Рисунок 4.4 – Трансляція початкового графіка капіталовкладень із встановленим лімітом за сценарієм А

Початковий графік робіт			Оптимізований графік робіт		
Код роботи	Тривалість, дні	Вартість, тис. грн.	Код роботи	Тривалість, дні	Вартість, тис. грн.
1-2	95	7064	1-2	95	12715
1-4	120	5298	1-4	165	3444
2-3	45	10596	2-3	70	12715
2-4	145	6181	2-4	45	442
3-5	120	4415	3-5	120	3974
4-5	70	13248	4-5	145	13512

Послідовність критичного шляху: [1-2,2-4,4-5]
Тривалість критичного шляху: 310 днів

Послідовність критичного шляху: [1-4,4-5]
Тривалість критичного шляху: 310 днів

Рисунок 4.5 – Трансляція оптимізованих показників тривалості та вартості будівельно-монтажних робіт за сценарієм А

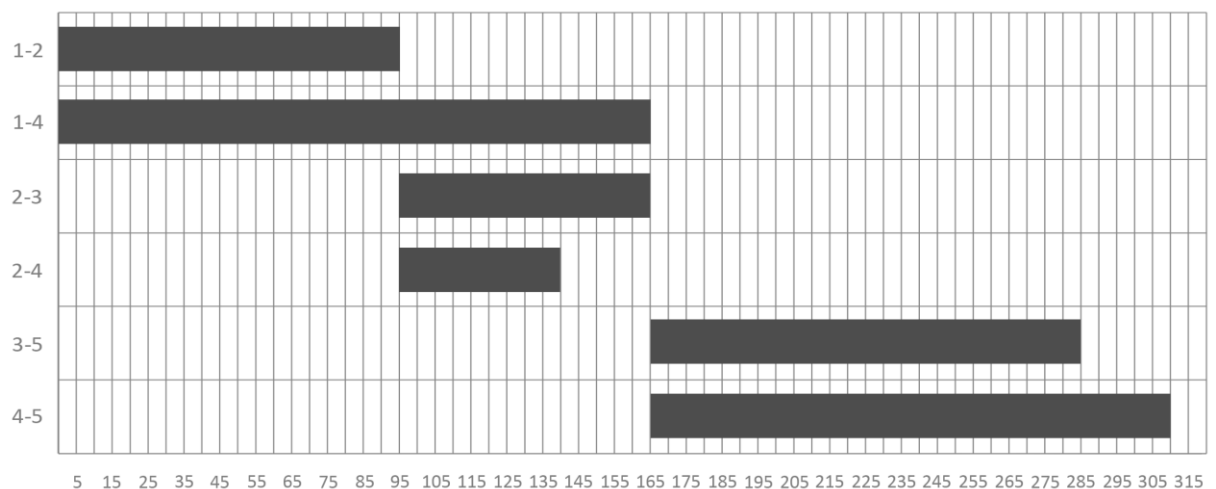


Рисунок 4.6 – Трансляція оптимізованого календарного плану організаційного процесу реалізації будівельного об'єкта за сценарієм А

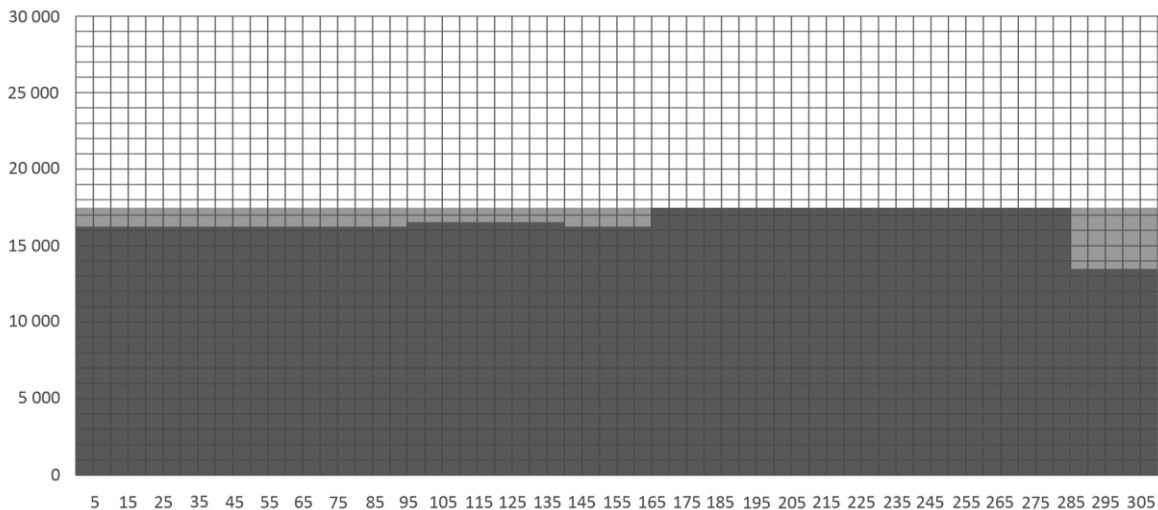


Рисунок 4.7 – Трансляція оптимізованого графіка капіталовкладень із встановленим лімітом за сценарієм А

Оптимізований графік капітальних вкладень продемонстрував відносну рівномірність розподілення фінансових витрат з найбільшим показником наближення до ліміту у 17 486 тис грн в другій половині циклу будівництва. Критеріально-лімітна розбіжність спостерігається на початку та наприкінці організаційного процесу, що складає 1 341 тис грн та 3 988 тис грн відповідно. Ідентифіковано зміну послідовності будівельного-монтажних робіт в розрізі критичного шляху, яка визначається (1-4)(4-5). Результатом розрахунку репрезентовано критично велику редукцію критерію роботи (2-4) з 145 тис грн до 45 тис грн, що, в свою чергу, детермінує зменшення кошторисної вартості роботи c_4 на 68,9%. Окреслений сетинг показників вимагає перегляду регуляторів алгоритму задля підвищення ефективності оптимізаційного рішення, позаяк затвердження отриманого графіка капіталовкладень в межах управлінських рішень було визначено недоцільним.

У межах регуляторної бази сценарію В було визначено зменшити кількість до $k = 6$ генерацій популяції, обрати розсіяний оператор кросовера з вірогідністю схрещування 50%. Залишено незмінним скремблінг в якості типу оператора мутації та ймовірність мутації 70%, при цьому збільшено частку генів особин у мутації до 90% (рис. 4.8). Програмним комплексом трансльовано початковий графік капітальних вкладень з детермінованим лімітом $b_B = 13\,600$ тис грн (рис. 4.9).

Кількість генерацій

6 - +

Число батьківських рішень

2 - +

Тип кроссовера:

☐ одноточковий
☐ двоточковий
☐ рівномірний
☒ розсіяний

Ймовірність скрещування

0 50 100

Тип мутації:

☐ випадкова
☐ обмін
☒ скремблінг
☐ інверсія

Ймовірність мутації гену

0 70 100

Частка генів у мутації

0 90 100

Run

Рисунок 4.8 – Панель налаштувань регуляторних показників генетичного алгоритму за сценарієм В

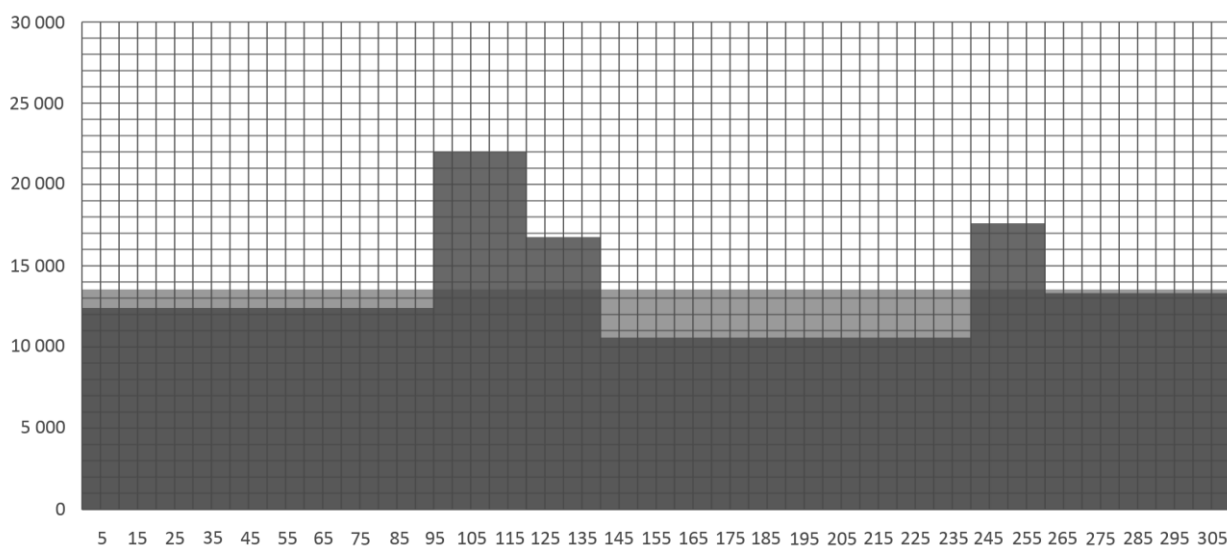


Рисунок 4.9 – Трансляція початкового графіка капіталовкладень із встановленим лімітом за сценарієм В

Виконується новий розрахунок генетичного алгоритму, який завершується детермінацією параметрів зупинки: у випадку відсутності трансформацій особин елітної популяції P_1 з плином ітерацій, розрахунок фіналізується. На виході в робочому вікні комплексу отримано пакет оптимізованих показників будівельно-монтажних робіт у вигляді таблиці модифікованої тривалості та вартості робіт, календарного плану будівництва та графіка капіталовкладень (рис. 4.10-4.12).

Початковий графік робіт			Оптимізований графік робіт		
Код роботи	Тривалість, дні	Вартість, тис. грн.	Код роботи	Тривалість, дні	Вартість, тис. грн.
1-2	95	7064	1-2	95	10773
1-4	120	5298	1-4	170	2826
2-3	45	10596	2-3	25	9007
2-4	145	6181	2-4	150	1943
3-5	120	4415	3-5	95	8830
4-5	70	13248	4-5	65	13423

Послідовність критичного шляху: [1-2,2-4,4-5]

Тривалість критичного шляху: 310 днів

Послідовність критичного шляху: [1-2,2-4,4-5]

Тривалість критичного шляху: 310 днів

Рисунок 4.10 – Трансляція оптимізованих показників тривалості та вартості будівельно-монтажних робіт за сценарієм В

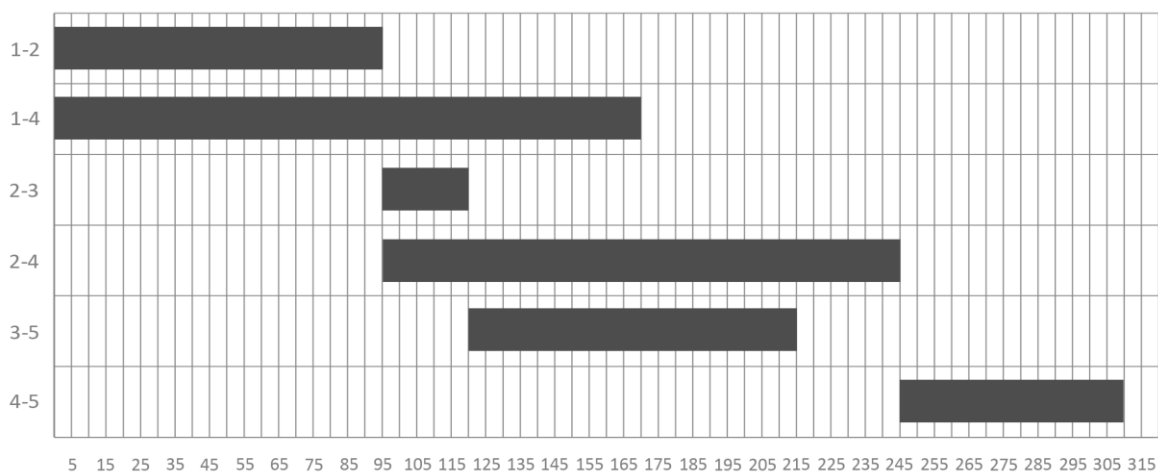


Рисунок 4.11 – Трансляція оптимізованого календарного плану організаційного процесу реалізації будівельного об’єкта за сценарієм В

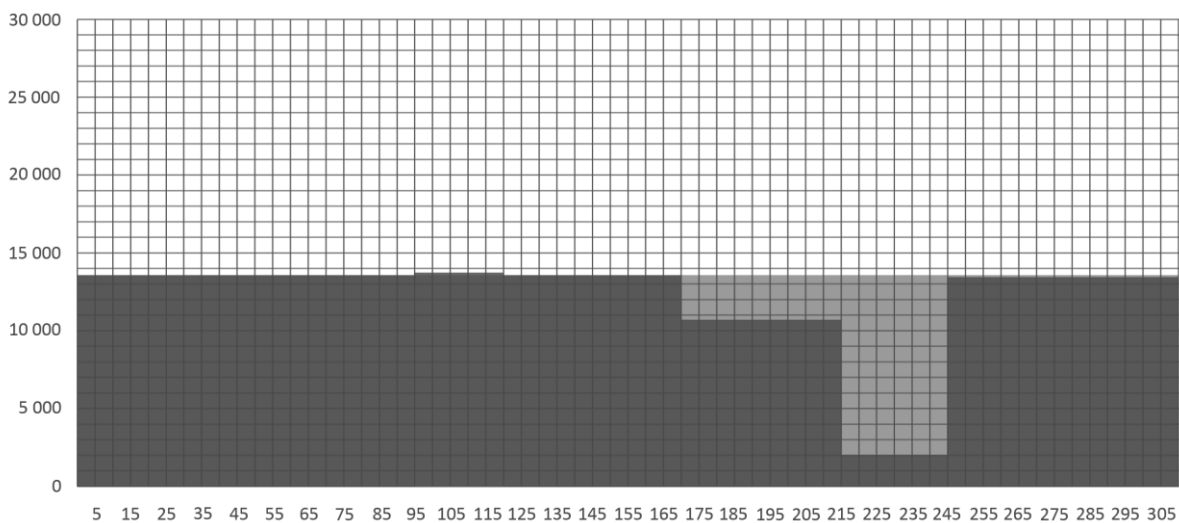


Рисунок 4.12 – Трансляція оптимізованого графіка капіталовкладень із встановленим лімітом за сценарієм В

Отриманий розрахунковий графік капіталовкладень продемонстрував досягнення рівномірності розподілення фінансових витрат за виключенням значного зменшення показників вкладень у розмірі 1 943 тис грн в третій чверті тривалості організаційного процесу реалізації будівельного об'єкта, що репрезентує критеріально-лімітну розбіжність у 11 657 тис грн. Послідовність будівельно-монтажних робіт в розрізі критичного шляху залишалася незмінною. Ідентифіковано зменшення вартості робіт c_2 та c_4 на 46,7% та 68,6% відповідно. Розрахований комплекс регуляторних показників репрезентував збільшення ефективності розв'язання поставленої задачі оптимізації в порівнянні із сценарієм А, при цьому порушив питання покращення сетингу регуляторів генетичного алгоритму для подальшого затвердження нового календарного плану та графіка капіталовкладень.

Сценарієм С детерміновано встановлення $k = 10$ генерацій числових векторів, рівномірного оператора кросовера з вірогідністю схрещування 90%. Типом оператора мутації обрано інверсію з ймовірністю мутації 90% з часткою генів 60%, що підлягають модифікації (рис. 4.13). В робочому вікні розрахункового комплексу для користувачів та користувачок відбувається трансляція початкового графіка капіталовкладень з детермінованим лімітом у розмірі 12 900 тис грн (рис. 4.14).

Кількість генерацій: 10

Число батьківських рішень: 2

Тип кроссовера:

- ☐ одноточковий
- ☐ двоточковий
- ☒ рівномірний
- ☐ розсіяний

Ймовірність схрещування: 90%

Тип мутації:

- ☐ випадкова
- ☐ обмін
- ☐ скремблінг
- ☒ інверсія

Ймовірність мутації гену: 90%

Частка генів у мутації: 80%

Run

Рисунок 4.13 – Панель налаштувань регуляторних показників генетичного алгоритму за сценарієм С

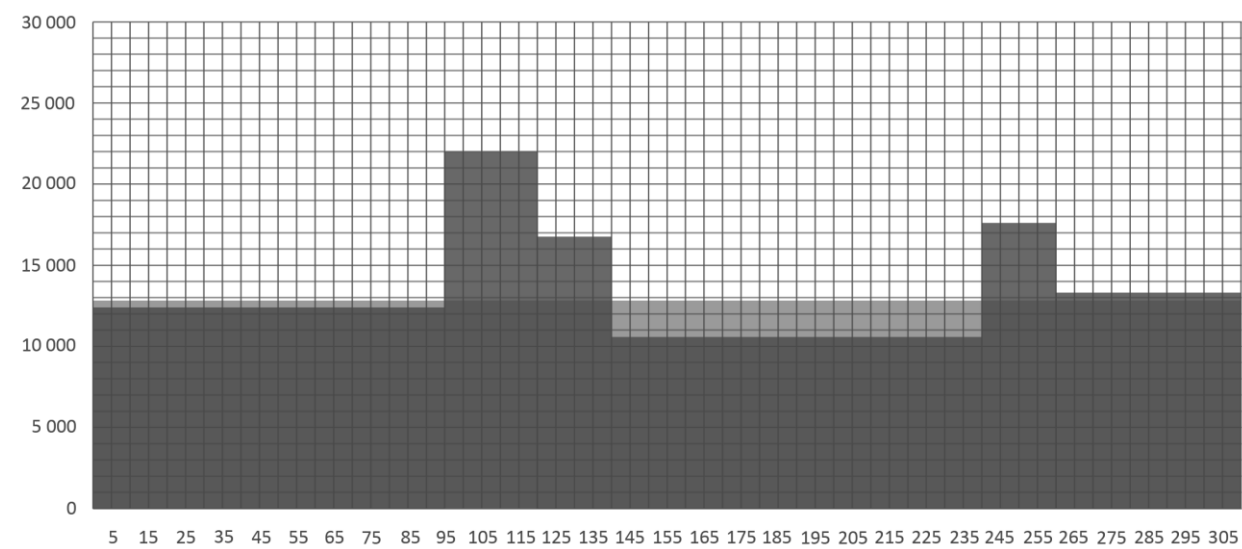


Рисунок 4.14 – Трансляція початкового графіка капіталовкладень із встановленим лімітом за сценарієм С

Після завершення кодування варіацій особин включно із стратегією вибору початкової популяції P_0 числових векторів реалізується здійснення процесу керованої еволюції при наявності обмежень фінансових ресурсів системи організаційного процесу будівництва. На виході користувач або користувачка отримує таблицю оптимізованих показників будівельно-монтажних робіт (рис. 4.15), версію модифікованого календарного плану та графіка капіталовкладень (рис.4.16-4.17).

Початковий графік робіт			Оптимізований графік робіт		
Код роботи	Тривалість, дні	Вартість, тис. грн.	Код роботи	Тривалість, дні	Вартість, тис. грн.
1-2	95	7064	1-2	110	7594
1-4	120	5298	1-4	110	5298
2-3	45	10596	2-3	70	7947
2-4	145	6181	2-4	140	4945
3-5	120	4415	3-5	70	7947
4-5	70	13248	4-5	60	13071

Послідовність критичного шляху: [1-2,2-4,4-5]

Тривалість критичного шляху: 310 днів

Послідовність критичного шляху: [1-2,2-4,4-5]

Тривалість критичного шляху: 310 днів

Рисунок 4.15 – Трансляція оптимізованих показників тривалості та вартості будівельно-монтажних робіт за сценарієм С

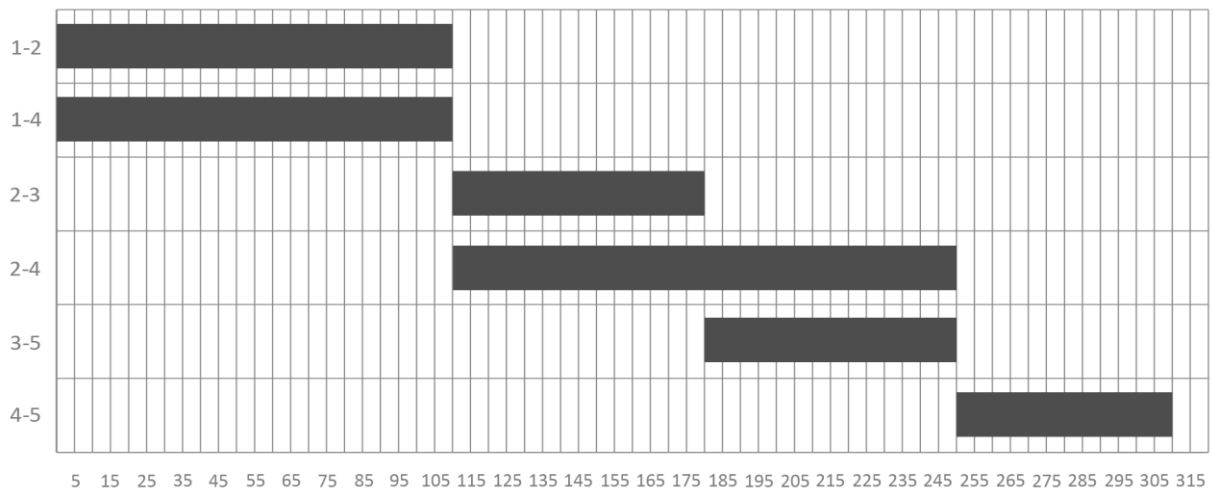


Рисунок 4.16 – Трансляція оптимізованого календарного плану організаційного процесу реалізації будівельного об’єкта за сценарієм С

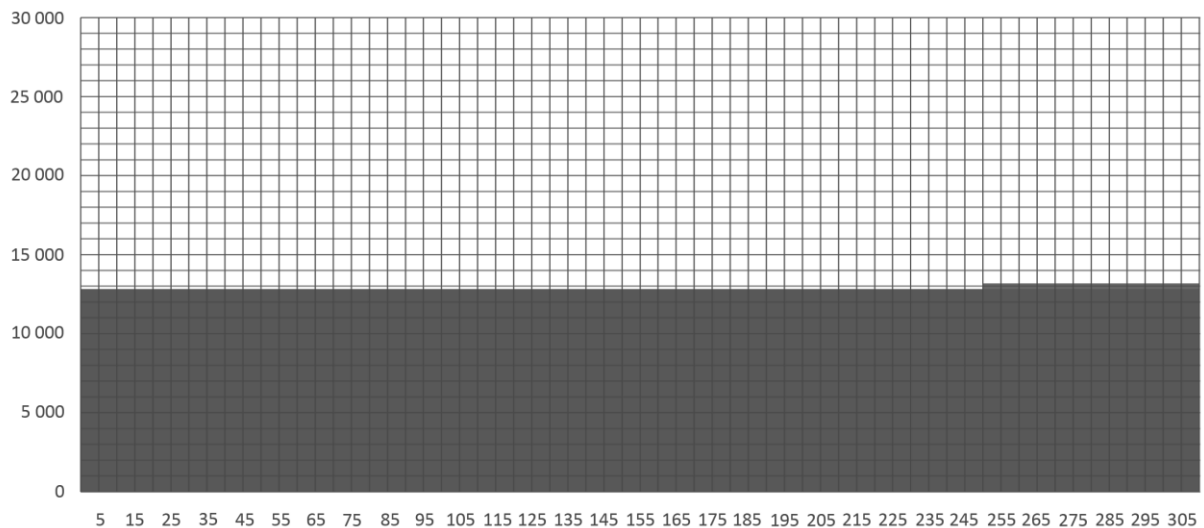


Рисунок 4.17 – Трансляція оптимізованого графіка капіталовкладень із встановленим лімітом за сценарієм С

Графік капіталовкладень за сценарієм С продемонстрував цілковите досягнення рівномірності розподілення фінансових витрат в межах встановленого ліміту в розмірі 12 900 тис грн, що репрезентувало успішність встановленої комбінації регуляторів генетичного алгоритму на початку розрахунку. Критеріально-лімітна розбіжність у 171 тис грн детермінована в межах розрахункової похибки, що не впливає на успішність отриманого оптимізаційного рішення. Послідовність робіт в розрізі критичного шляху залишалася незмінною, при цьому редукція кошторисної вартості будівельно-монтажних не перевищила 25%.

Отримане на засадах критеріального розрахунку за сценарієм С розподілення капіталовкладень було визначено як оптимальне та було імплементовано до політики реалізації будівельного об'єкта підрядним підприємством. На підставі розрахованих оптимізаційних даних було побудовано новий стратегічний календарний план будівництва $\tilde{W}(\tilde{T}, \tilde{C})$ в реальному вимірі, який затверджено в межах управлінських рішень (4.18).

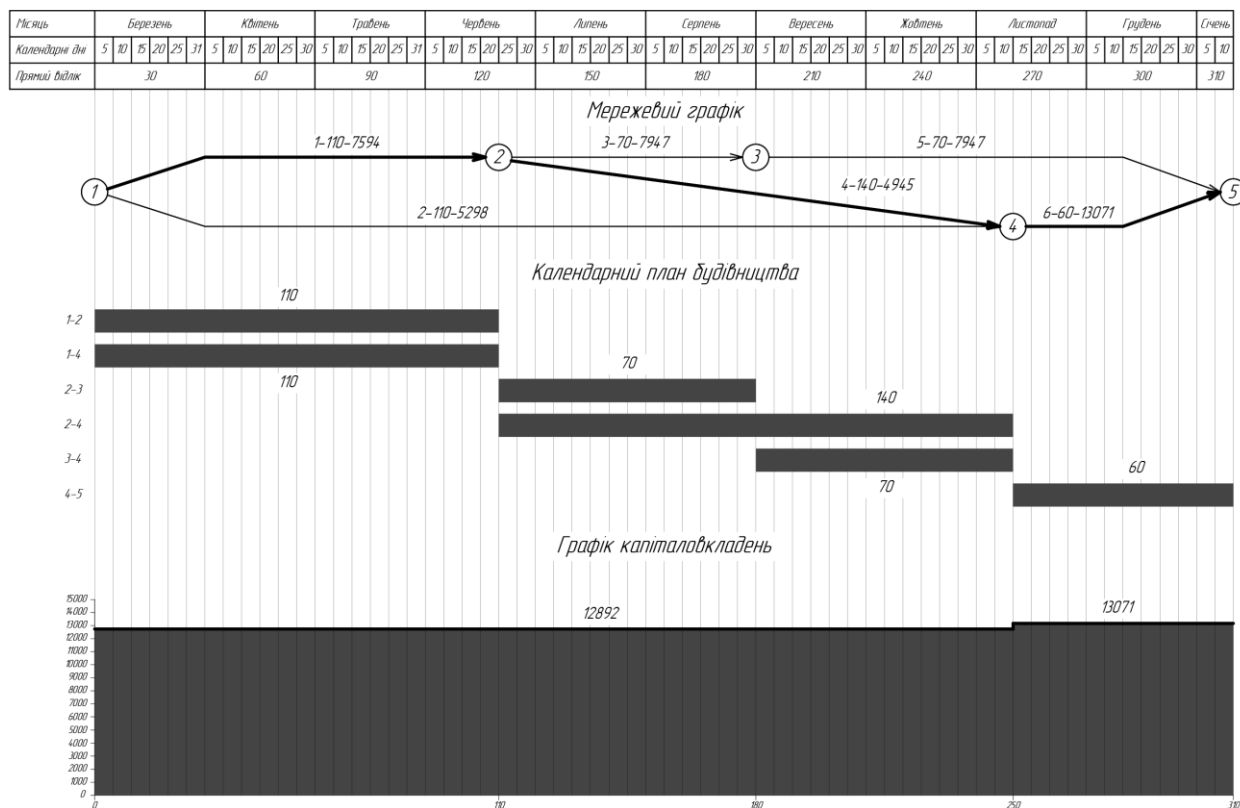


Рисунок 4.18 – Оптимізований стратегічний календарний план організаційного процесу будівельного виробництва

Реалізація кластерів генетичного алгоритму продемонструвала ефективність математичного розрахунку щодо пошуку розв'язків задачі оптимізації в межах інтерпретації цільової функції $Q(C, B, W)$, операторів кросовера та мутації, ймовірностей їх використання, стратегії селективного відбору та методів обчислень шляхом адаптації системи організаційного процесу. Композиційна теза репрезентує базові постулати універсальності та фундаментальності, які властиві еволюції незалежно від формалізації оптимізаційної задачі.

Комбінація операторів та критеріїв генетичного алгоритму в площині розглянутих сценаріїв оптимізації позиціонує залежність цільової величини від інших змінних, які формулюються у вигляді запрограмованої керованої системи. Якщо система ідентифікує варіант, що оптимально відтворює детерміновану залежність, вона вносить незначні корегування та селекціонує нащадків, що призводять до підвищення ефективності результату. Системою також генерується низка паралельних генетичних векторів розвитку еволюції, які конкурують за точність відтворення встановленої залежності.

Репрезентований автоматизований комплекс *CrithPath*, який в площині трансляції аналітично-розрахункової інформації та інтерфейсу є інтуїтивно зрозумілим для користувачів та користувачок, підкреслив ключові переваги генетичного алгоритму для розв'язання сформованої оптимізаційної задачі на базі впровадження випадкових елементів та гранично визначених показників організаційного процесу будівельного виробництва. Вагомою тезою імплементації генетичних алгоритмів в рамках аналітико-математичної концепції, описаної в підрозділі 3.3, стала можливість відтворення процесів еволюції системи будівельно-монтажних робіт: отримані рішення за граничними критеріями породжували нові результати, які успадкували найкращі показники попередніх. Регулятором виступив оператор мутації як випадковий імплементаційний елемент, що змодельовував трансформацію показників конкретного рішення та згенерував нові вектори еволюції, посприяв прискоренню трансляції ефективного оптимізаційного рішення за сценарієм С. Вирішальним стала швидкість ітераційного процесу та стійкість пошуку оптимізаційного рішення з метою оцінки практичної придатності та результативності методологічної платформи генетичних алгоритмів – здатність поетапного збільшення якості популяції до потрапляння у точки локальних екстремумів. Конфігурація імplementованого розрахункового комплексу *CrithPath* посилила праксеологічний базис генетичного алгоритму у вирішенні завдання дискретної оптимізації організаційного процесу будівельного виробництва підрядних організацій.

4.2. Аналітична валідація показників ефективності впровадження результатів дослідження

Результати аналізу отриманих варіацій роботи генетичного алгоритму репрезентують структурно-методологічну різницю, яка стосується форми оптимізаційних рішень, операторів кросовера, мутації та ймовірностей їх використання, стратегії селективного відбору та методів підвищення ефективності еволюційних обчислень шляхом адаптації системи будівельно-монтажних робіт за критеріями тривалості t та вартості c . Попри методологічні відмінності між різними сетингами оптимізаційних рішень результати дослідження дозволяють говорити про базові постулати, такі як універсальність і фундаментальність, що властиві еволюції незалежно від форми та рівня абстракції моделі. Вирішальним обставиною з метою оцінки практичної придатності і результативності генетичного алгоритму є швидкість (час, необхідне виконання заданого користувачем числа ітерацій) і стійкість пошуку (здатність збільшувати якість популяції до потрапляння у точки локальних екстремумів) (рис.4.19).



Рисунок 4.19 – Структурно-когнітивна схема розв'язання задачі оптимізації організаційного процесу будівельного виробництва [розроблено автором]

Кластерний аналіз метаевристичних варіацій генетичного алгоритму в площині їх результативності з нівелюванням показнику часу на розв'язання оптимізаційного завдання продемонстрував основні практичні висновки:

1) пошук розв'язання на базі генетичного алгоритму втрачає актуальність без деталізованого опису детермінованих завдань і цільової функції – неможливо імплементувати єдиний сетинг регуляторів алгоритму, який буде результативнішим за інший для будь-яких цільових функцій.

2) трансляція оптимального розв'язання детермінованої задачі оптимізації потребує чіткої критеріальності та ідентифікації характерних особливостей завдання для встановлення сетингу регуляторів – генетичний алгоритм, який успішно реалізовано для пошуку рішень в межах однієї задачі, не може бути імплементований в площині іншої.

Імплементация генетичного алгоритму для розв'язання комбінаторно-орієнтованих задач оптимізації генерує підвищення ефективності прийняття рішень в організаційних системах будівництва. Розвиток теорії вирішення генеральних та комбінаторних завдань оптимізації відбувається безпосередньо на емпіричному підґрунті – облігаторності ідентифікації оптимального рішення серед низки репрезентованих варіацій. Завдання стратегічного розвитку організаційних систем підрядних підприємств в умовах нестійкого ринку отримують адекватне математичне формулювання під час впровадження генеральних завдань оптимізації, де змінні приймають дискретні значення.

Оптимізаційні предиктори фокусування числових векторів у локальному екстремумі при детермінованому сетингу регуляторів генетичного алгоритму репрезентовано в математичній площині графіків фітнес-функції, нових розв'язків оптимізаційної задачі та показників генів в хромосомах популяції. Трансляція аналітико-графічного матеріалу для користувачів та користувачок відбувається в робочому вікні комплексу *CrithPath* по завершенню ітерацій розрахунку.

Параметрична динаміка фітнес-функції за оптимізаційним сценарієм А продемонструвала досягнення фіксаційно-критеріального плато вже після генерації 5 при кількості заданих $k = 8$, що свідчить про швидке досягнення оптимального розв'язку задачі оптимізації (рис. 4.20).

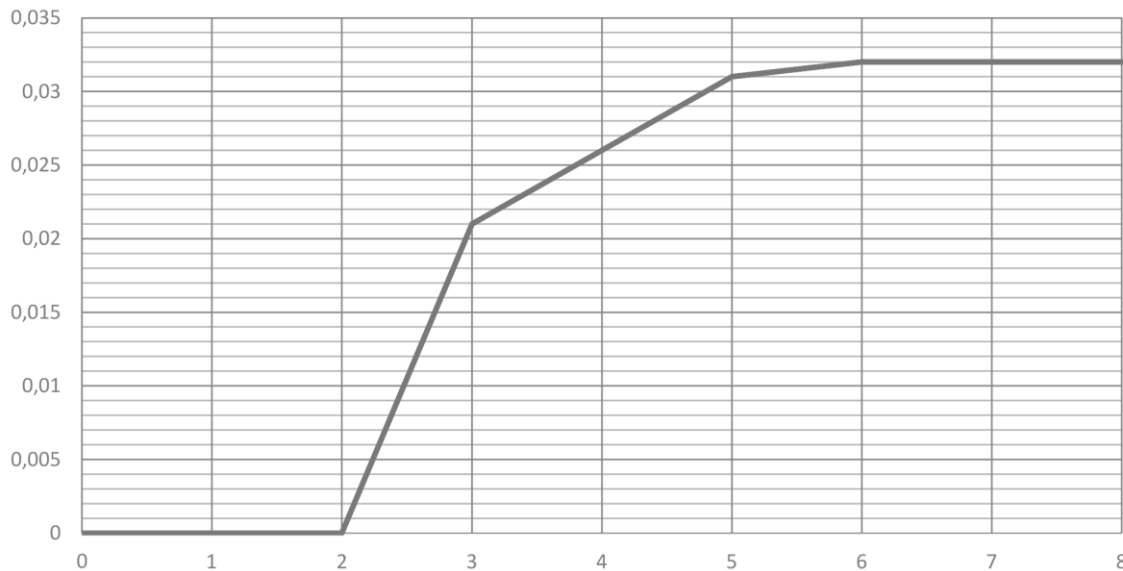


Рисунок 4.20 – Трансляція графіка фітнес-функції генетичного алгоритму зі зміною генерацій за сценарієм А

Критеріальна аналітика кількості нових розв'язків генетичного алгоритму є ідентифікатором превенції виродження популяції, себто втратою відмінності більшості розв'язків. Детермінований графік набуває певних імперативних характеристик, продиктованих специфікою оптимізаційної задачі та встановленим сетингом регуляторів алгоритму, поміж яких прослідковується тенденція зменшення кількості розв'язків із наближенням до глобального оптимуму. Регуляторний сетинг генетичного алгоритму в розрізі сценарію А репрезентував детерміновану редукцію множини розв'язків, при цьому спостерігається точкове збільшення нових числових векторів в генерації 4 та 5. Локальні піки графіка ілюструють стрімке отримання нових розв'язків внаслідок збільшення різноманітності популяції в певний момент ітерацій, що є сприятливим для пошуку оптимального рішення оптимізації (рис. 4.21).

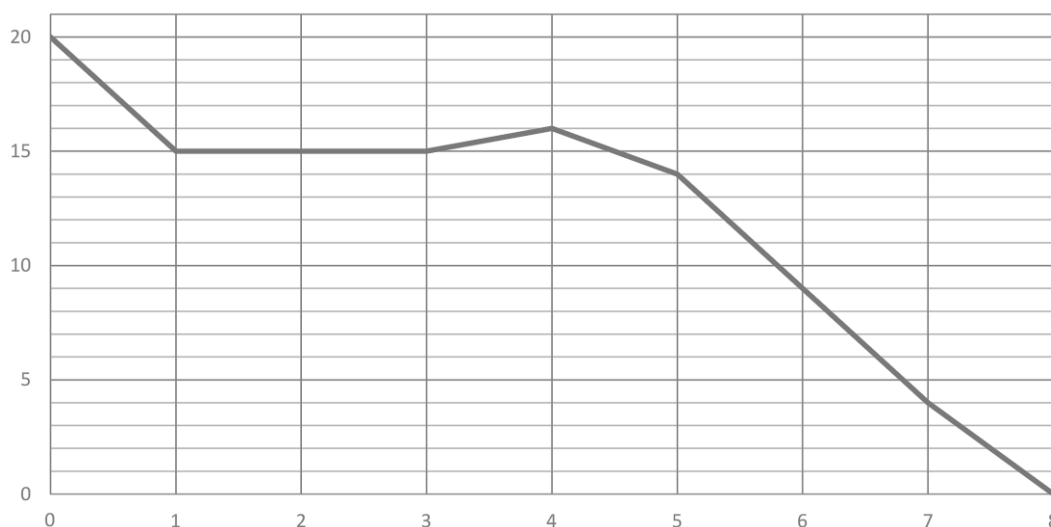


Рисунок 4.21 – Трансляція графіка кількості нових розв'язків задачі оптимізації зі зміною генерацій за сценарієм А

Графіки значень генів у хромосомах особин популяцій з плином генерацій репрезентують динаміку збіжності їхніх значень: чим вище збіжність, тим вище стабільність популяції та ефективність оптимізаційного рішення. У межах регуляторної бази сценарію А спостерігається низька конвергентність, за виключенням генів 3 та 5 (рис. 4.22), що обумовило високу критеріально-лімітну розбіжність наприкінці організаційного процесу, зміну послідовності будівельного-монтажних робіт в розрізі критичного шляху та значну редукцію вартості роботи c_4 .

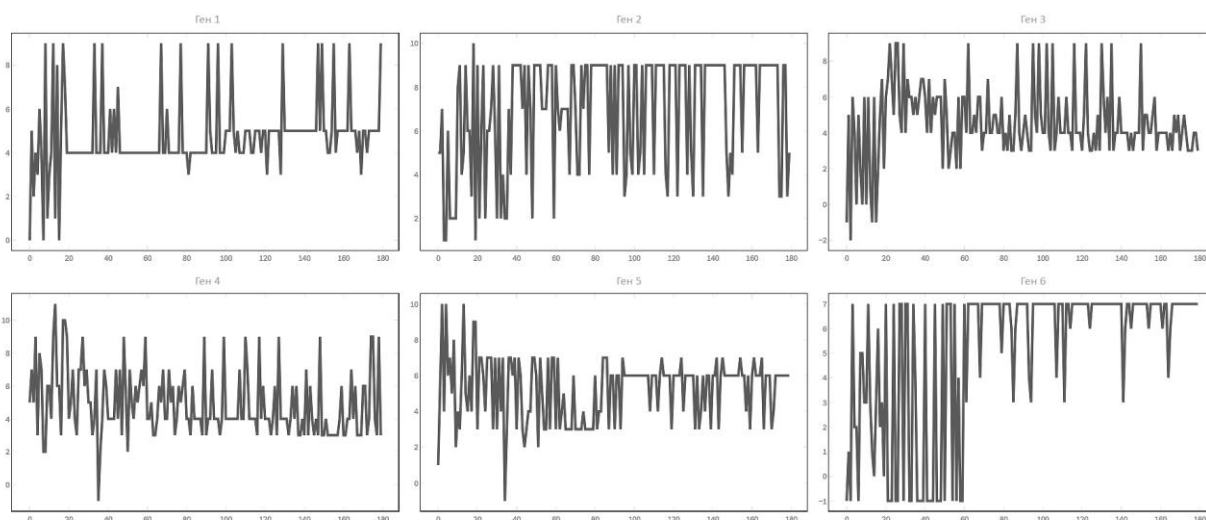


Рисунок 4.22 – Трансляція графіків значень генів у хромосомах особин популяцій генетичного алгоритму зі зміною генерацій за сценарієм А

Якщо критерієм зупинки ітерацій є досягнення ефективності числових векторів популяції, тоді швидкість роботи генетичного алгоритму оцінюється часом на її отримання. Детермінована теза реалізується на підґрунті структуризації згенерованих оптимізаційних рішень, коли для кожної особи ідентифікується її просторовий стан у популяції шляхом кросовера у локальній області (між найближчими особинами).

Окреслений методологічний інструмент було імплементовано до регуляторного комплексу генетичного алгоритму за сценарієм В. Графік фітнес-функції ілюструє два фіксаційно-критеріальних плато під час генерацій 1-2 та 3-6, при цьому динаміка кількості нових розв'язків генетичного алгоритму репрезентує ефективність пошуку оптимального розв'язку задачі оптимізації із точковим піком нових числових векторів в генерації 4 та 5 (рис. 4.23-4.24).

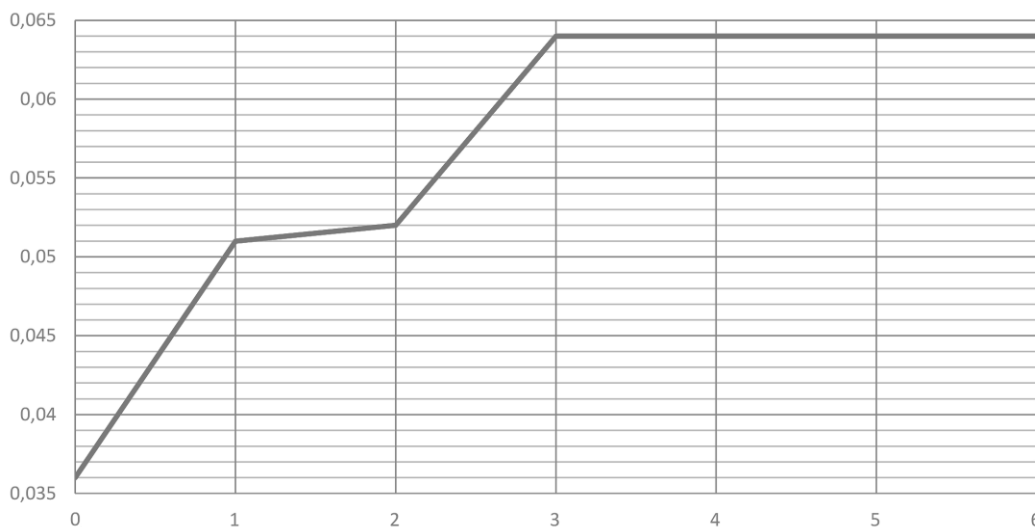


Рисунок 4.23 – Трансляція графіка фітнес-функції генетичного алгоритму зі зміною генерацій за сценарієм В

Контраверсійну ефективність імплементованого регуляторного сетингу продемонстрували графіки значень генів у хромосомах особин (рис. 4.25). Втрату збіжності ідентифікує дестабілізація пошуку нових ефективних стратегій алгоритму, зокрема можливість до адаптації популяції: кожна нова генерація набуває випадкової модифікації у просторі рішень за відсутності відповідного монотонного збільшення значення фітнес-функції. Негативація

результатів пролягає в площині надмірної мутації у великій частці генів, що внаслідок призводить до генерації великої кількості нових випадкових кодів, стає інгібітором коректного розвитку керованої еволюції.

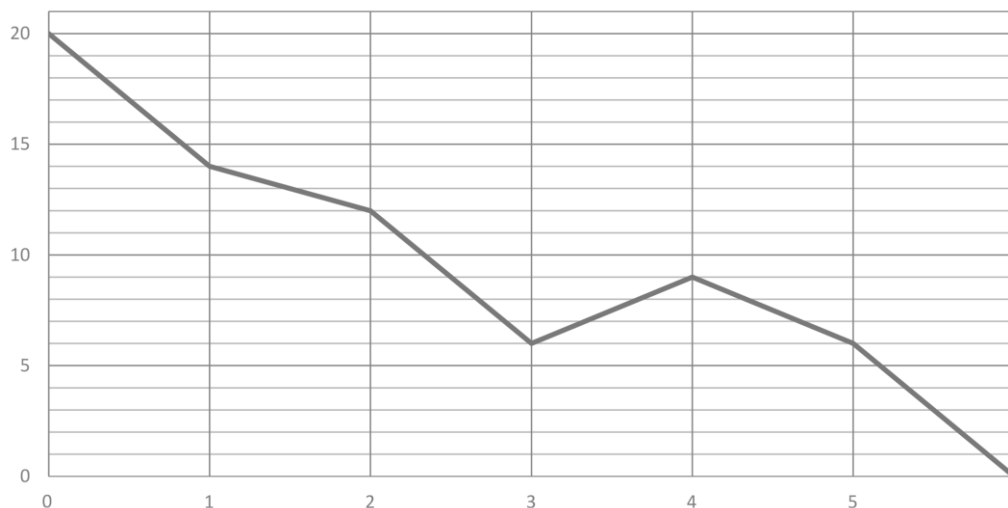


Рисунок 4.24 – Трансляція графіка кількості нових розв'язків задачі оптимізації зі зміною генерацій за сценарієм В

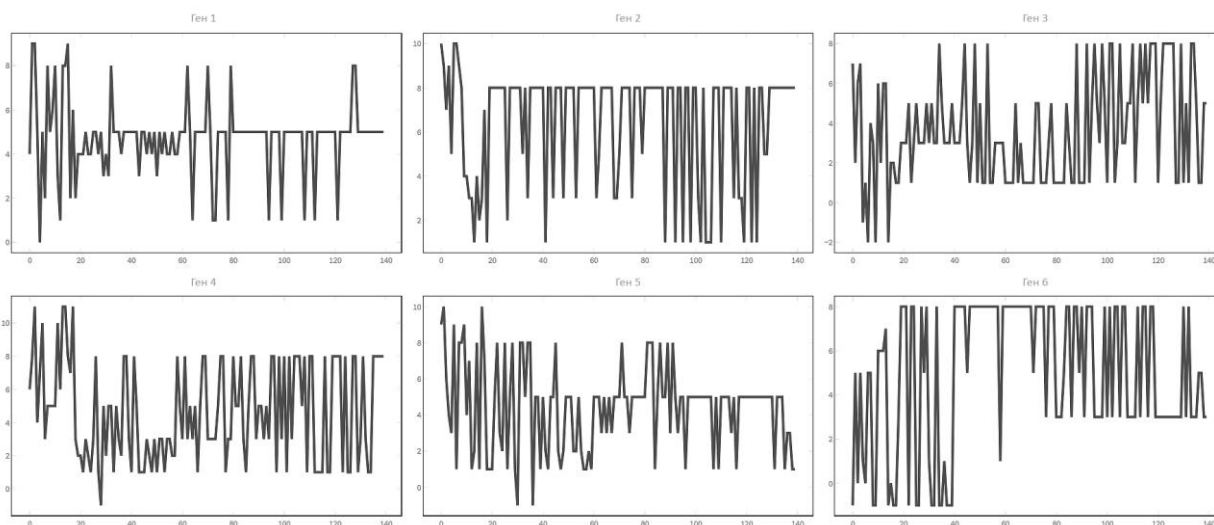


Рисунок 4.25 – Трансляція графіків значень генів у хромосомах особин популяцій генетичного алгоритму зі зміною генерацій за сценарієм В

Аналіз динаміки фітнес-функції за оптимізаційним сценарієм С виявив досягнення фіксаційно-критеріального плато на ранніх стадіях розвитку керованої еволюції при загальній кількості генерацій $k = 10$, що, в свою чергу, виступає ідентифікатором швидкого отримання ефективних числових векторів та їх успішне спадкування протягом генерації 3-10 (рис. 4.26).

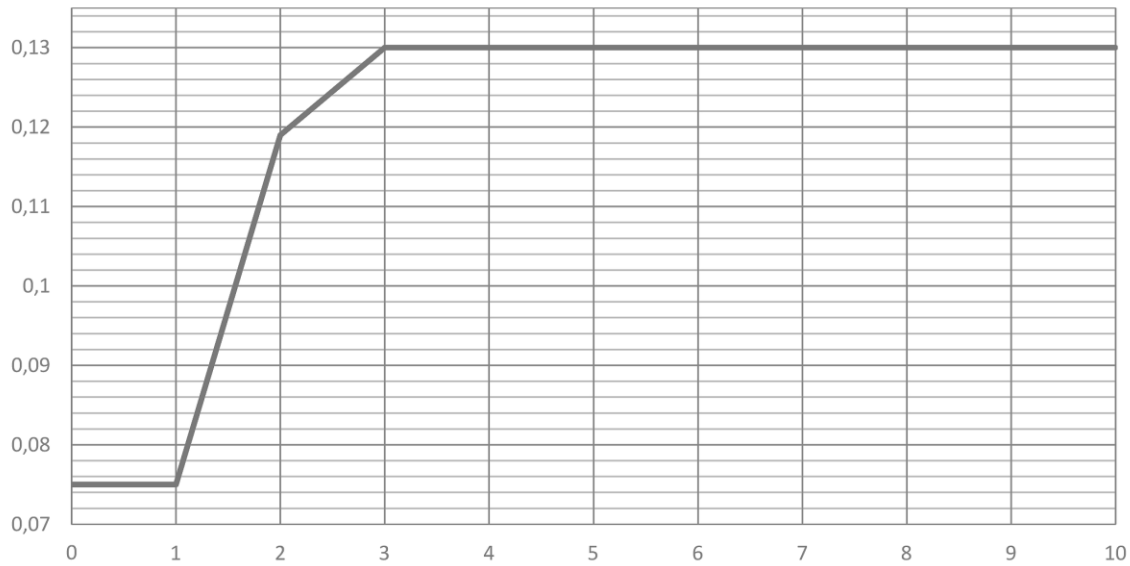


Рисунок 4.26 – Трансляція графіка фітнес-функції генетичного алгоритму зі зміною генерацій за сценарієм С

Критеріально-регуляторний сетинг сценарію С графічно репрезентував монотонну редукцію множини нових розв’язків із досягненням нульової локалізації після генерації 4 (рис. 4.27). Імперативна ефективність є наслідком стрімкого усунення непридатних особин на етапі селекції, що призвело до збільшення адаптивності та якості популяції без значної втрати генетичної різноманітності.

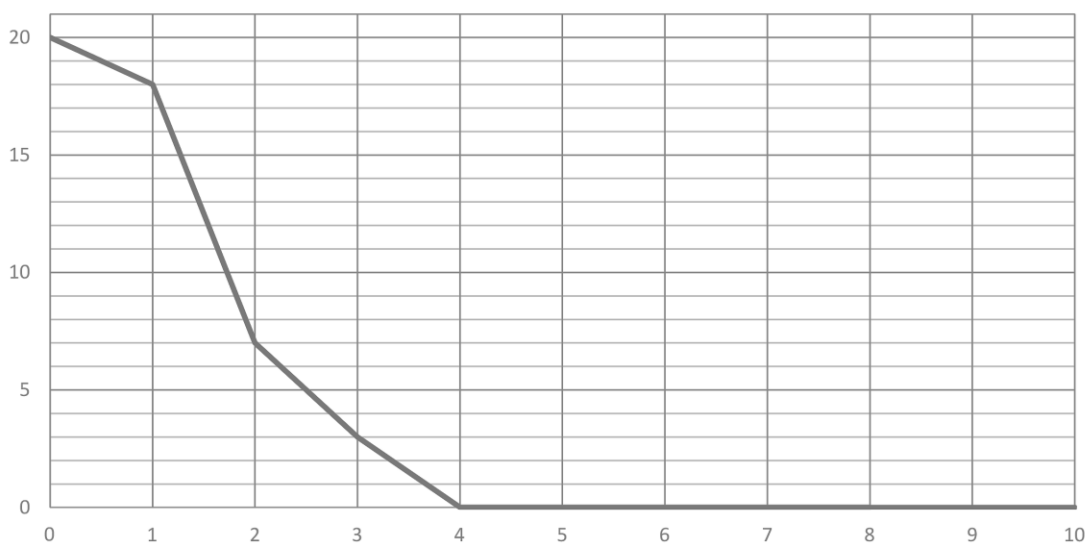


Рисунок 4.27 – Трансляція графіка кількості нових розв’язків задачі оптимізації зі зміною генерацій за сценарієм С

Аналіз графіків значень генів у хромосомах особин зі зміною генерацій продемонстрував їх високу збіжність, стабільність популяції та ефективність отриманого оптимізаційного рішення. Детермінована конвергентність обґрунтовує успішність встановленої регуляторної комбінації генетичного алгоритму на початку розрахунку, цілковите досягнення рівномірності розподілення фінансових витрат в межах встановленого ліміту за сценарієм С, незмінність послідовності робіт в розрізі критичного шляху та низьку редукцію вартості будівельно-монтажних робіт (рис. 4.28).

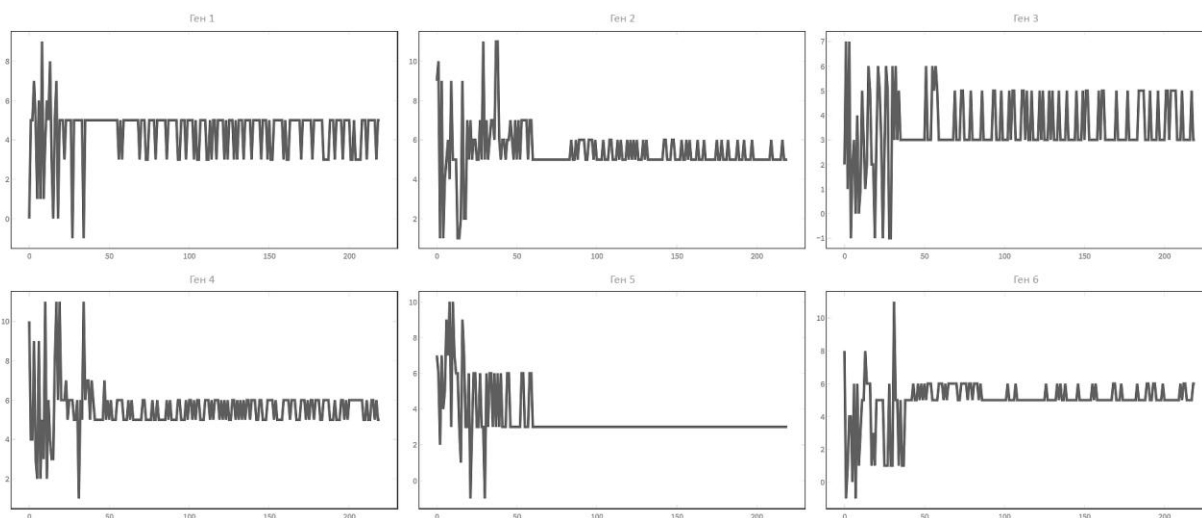


Рисунок 4.28 – Трансляція графіків значень генів у хромосомах особин популяцій генетичного алгоритму зі зміною генерацій за сценарієм С

Репрезентовані результати дослідження потенціюють значний аплікативний рівень генетичного алгоритму для вирішення завдань оптимізації складних систем із пошуку глобального оптимуму з виражено низьким ступенем епістазу, для яких не ідентифіковано альтернативні математичні методи рішення. Потенційно-орієнтовним імплементаційним підходом окресленого методико-аналітичного інструментарію є розв’язання багатокритеріальних оптимізаційних задач із мультимодальними цільовими функціями, вирішення динамічних завдань з блукаючим оптимумом, комбінаторної оптимізації та прогнозування.

Трансформація кретиріально-детермінованих підсистем процесу організації будівництва є результатом трансляції багатовекторного рішення під впливом керованої еволюції: з одного боку, спостерігається каталізація

зростання носіїв ефективних стратегій оптимізації, з іншого, – редукція усунення низькоефективних особин та уповільнення адаптогенності популяції. Ідентифікований сетинг емпірично обґрунтовує аналітико-методологічну парадигму еволюційного моделювання в площині імплементаційного базису обраного інструментарію розв’язання задачі оптимізації організаційного процесу, зокрема:

1) переваги генетичного алгоритму:

- висока аплікативна ефективність для пошуку рішень у складно-структурованому просторі великої розмірності;
- прозорість логіко-структурної схеми та базових принципів ітерацій;
- відсутність обмежень щодо формалізації цільової функції задачі оптимізації;

- можливість проблемно-орієнтованого кодування рішень;
- критеріальна генерація початкової популяції,

2) недоліки генетичного алгоритму:

- метаевристичний характер обчислень із середнім гарантійним порогом первісно-часової репрезентації оптимального розв’язання задачі оптимізації;
- відносна детермінація швидко-орієнтованого потрапляння до глобального оптимуму на прикінцевих фазах керованої еволюції.

Кластерний аналіз та проблемно-орієнтований синтез комбінаторних моделей в концептуальній площині генетичного алгоритму є одним із перспективних векторів розвитку сучасної аналітико-методологічної парадигми оптимізації будівельного виробництва. Детермінований характер динаміки трансформації вітчизняного будівельного ринку потенціює генерацію та подальшу імплементацію інструментально-ідентифікованих моделей оптимізації організаційного процесу будівельного виробництва з метою стратегічного прогнозування та контролінгу фінансових показників протягом усього циклу реалізації будівельних об’єктів, підвищення рівня конкурентоспроможності підрядних підприємств України.

Висновки по розділу 4

Реалізація кластерів генетичного алгоритму продемонструвала ефективність математичного розрахунку щодо пошуку розв'язків задачі оптимізації в межах інтерпретації цільової функції $Q(C,B,W)$, комплексу операторів кросовера та мутації, ймовірностей їх використання, стратегії селективного відбору та методів обчислень шляхом адаптації організаційного процесу. В рамках запропонованої моделі оптимізації було визначено, що легітимність лімітів залежить від тривалості будівництва та має диференційну місячну, квартальну та неритмічну періодичність, а також загальну на весь період будівництва. У межах дослідження автором була проведена попередня серія обчислювальних експериментів та отримано емпіричні дані, що дозволяють здійснити аналіз взаємозв'язку між тривалістю реалізації об'єкта будівництва та оптимальним періодом легітимності лімітів капітальних вкладень.

Репрезентовано автоматизований комплекс *CrithPath*, який в площині трансляції аналітично-розрахункової інформації та інтерфейсу є інтуїтивно зрозумілим для користувачів та користувачок, підкреслює ключові переваги генетичного алгоритму для розв'язання сформованої оптимізаційної задачі на базі впровадження випадкових елементів та гранично визначених показників організаційного процесу будівельного виробництва. Вагомою тезою імплементації генетичного алгоритму в рамках аналітико-математичної концепції, описаної в підрозділі 3.3, стала можливість відтворення процесів еволюції системи будівельно-монтажних робіт. Вирішальним показником стала швидкість ітераційного процесу та стійкість пошуку оптимізаційного рішення з метою оцінки практичної придатності та результативності методологічної платформи генетичного алгоритму – здатність поетапного збільшення якості популяції до потрапляння у точки локальних екстремумів.

Результати аналізу отриманих варіацій роботи генетичного алгоритму продемонстрували структурно-методологічну різницю, яка стосується форми оптимізаційних рішень, операторів кросовера, мутації та ймовірностей

їх використання, стратегії селективного відбору та методів підвищення ефективності еволюційних обчислень шляхом адаптації системи будівельно-монтажних робіт за критеріями тривалості t та вартості c . Попри методологічні відмінності між різними сетингами оптимізаційних рішень результати дослідження дозволяють говорити про базові постулати, такі як універсальність і фундаментальність, що властиві еволюції незалежно від форми та рівня абстракції моделі.

Оптимізаційні предиктори фокусування числових векторів у локальному екстремумі при імplementованому сетингу регуляторів генетичного алгоритму детерміновано в математичній площині графіків фітнес-функції, нових розв'язків оптимізаційної задачі та показників генів в хромосомах популяції. Трансляція аналітико-графічного матеріалу для користувачів та користувачок відбувається в робочому вікні комплексу *CrithPath* по завершенню ітерацій розрахунку.

Отримані результати дослідження потенціують значний аплікативний рівень генетичного алгоритму для вирішення завдань оптимізації складних систем із пошуку глобального оптимуму з виражено низьким ступенем епістазу, для яких не ідентифіковано альтернативні математичні методи рішення. Потенційно-орієнтовним імplementаційним підходом окресленого методико-аналітичного інструментарію є розв'язання багатокритеріальних оптимізаційних задач із мультимодальними цільовими функціями, вирішення динамічних завдань з блукаючим оптимумом, комбінаторної оптимізації та стратегічного прогнозування.

Трансформація кретириально-детермінованих підсистем процесу організації будівництва є результатом трансляції багатовекторного рішення під впливом керованої еволюції: з одного боку, спостерігається каталізація зростання носіїв ефективних стратегій оптимізації, з іншого, – редукція усунення низькоефективних особин та уповільнення адаптогенності популяції. Ідентифікований сетинг емпірично обґрунтовує аналітико-методологічну парадигму еволюційного моделювання в площині

імплементативного базису обраного інструментарію розв'язання задачі оптимізації організаційного процесу.

Кластерний аналіз та проблемно-орієнтований синтез комбінаторних моделей в концептуальній площині генетичного алгоритму є одним із перспективних векторів розвитку сучасної аналітико-методологічної парадигми оптимізації будівельного виробництва. Детермінований характер динаміки трансформації вітчизняного будівельного ринку потенціює генерацію та подальшу імплементацию інструментально-ідентифікованих моделей оптимізації організаційного процесу будівельного виробництва з метою стратегічного прогнозування та контролінгу фінансових показників протягом усього циклу реалізації будівельних об'єктів, підвищення рівня конкурентоспроможності підрядних підприємств України.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В дисертаційній роботі вирішено актуальну науково-прикладну задачу обґрунтування теоретико-методологічних принципів оптимізації організаційного процесу будівельного виробництва в умовах динамічних трансформацій вітчизняного ринку, формалізації та імплементації оптимізаційної моделі на аналітико-емпіричному підґрунті генетичного алгоритму з метою критеріального регулювання капіталовкладень підрядних підприємств протягом усього життєвого циклу реалізації об'єкта будівництва в розрізі стратегічного календарного планування, диверсифікації експліцитних фінансових ризиків та підвищення рівня конкурентної спроможності організацій на будівельному ринку послуг.

Результати дослідження імплементаційно потенціюють ефективне регулювання та розподілення фінансових витрат підрядних підприємств протягом реалізації будівельно-монтажних робіт в імперативно-стратегічній площині підвищення адаптивності підрядних підприємств в поточних умовах будівельного сектору.

Значення результатів роботи для науки: одержані автором науково-методологічні результати поглиблюють існуючі та обґрунтовують новітні теоретико-аплікаційні принципи розподілення капіталовкладень на детермінованих етапах реалізації будівельного об'єкта в праксеологічній парадигмі розробки оптимізаційної моделі як стратегічно-регуляторного інструменту посилення гнучкості та адаптивності організаційної системи будівельно-монтажних робіт в умовах нестійкого ринку України.

Значення результатів роботи для практики детерміновано формуванням аналітико-стратегічного інструментарію оптимізації організаційного процесу будівельного виробництва в імплементаційно-регуляторному сетингу інтеграційної моделі на засадах встановлення лімітів капіталовкладень та регуляторів організаційно-часового розподілення бюджету як предикторів економічних коливань будівельного ринку, максимізації оборту матеріально-

технічних фондів, підвищення адаптогенності системи будівельного виробництва та конкурентоспроможності підрядного підприємства.

Проведені дослідження забезпечили отримання наступних наукових результатів та висновків:

1. Аналіз динаміки розвитку будівельного ринку в Україні у 2017-2022 рр ідентифікував структурні недоліки якісного характеру, серед яких виділено диспропорцію між потенціюванням планового обсягу будівельно-монтажних робіт та інтенсифікацію збільшення фізичних обсягів реалізованих об'єктів; деформацію в структурі споживчого попиту на житло, що зумовлені переважно диференціацією доходів у регіональному та субрегіональному секторах. Обґрунтовано структуризацію регіональних будівельних ринків в площині конкурентних підрядних підприємств, які включені в систему централізованого управління будівельним комплексом шляхом укладання підрядних та субпідрядних угод. Визначений підхід модифікує розподіл фінансових ресурсів, сприятиме ефективній координації та плануванню будівельної діяльності.

2. Сформовано концепцію економіко-будівельної ніші України, яка генерує нові виклики для суб'єктів підприємницької діяльності, зокрема підрядних організацій. Динаміка трансформації будівельного ринку апелює до зростання обсягів будівельно-монтажних робіт в розрізі регіонів України, викристалізовує проблематику підвищенні якості будівельних послуг. Розв'язання макроекономічних та правових питань потребує активного державного регулювання, в той час як підвищення конкурентної спроможності підрядних підприємств корелюється внутрішньою імплементацією підходу до оптимізації в розрізі організаційного процесу будівельного виробництва.

3. Деконструйовано проблематику збільшення обсягів будівельно-монтажних робіт, підвищення складності будівельних об'єктів, зростання терміну їх реалізації, що сукупно актуалізує диференціацію фінансових ресурсів в межах організації будівельного виробництва. Доведено облігаторність імплементації оптимізаційних моделей задля ефективного

розподілу часових, вартісних та якісних критеріїв організаційного процесу будівельного виробництва. Визначено, що розробка теоретико-методологічного базису оптимізаційних моделей потенціоє створення прaksiологічної основи для збільшення рівня конкурентоспроможності підрядних підприємств на ринку будівельних послуг.

4. Встановлено сетинг локальної стійкості та необхідність постійних організаційних змін щодо доцільність створення оптимізаційної моделі процесно-орієнтованого розвитку підрядних підприємств. Проаналізовано конструкт поєднання організаційної архітектури економіко-виробничої системи будівельного підприємства зі стадіями будівельно-виробничого циклу. Конкурентоспроможність підприємства ідентифіковано як ключовий фактор адаптивності підрядних підприємств до динамічних трансформацій в галузі будівництва. Доведено актуальність контексту дослідження конкурентної спроможності з метою ідентифікації облігаторності та подальшої генерації стратегії оптимізації організаційного процесу.

5. Встановлено дискурс оптимізації організаційного процесу будівельного виробництва, який апелює до системно-критеріального підходу господарювання підрядного підприємства. Прийняття обґрунтованого рішення щодо теоретико-методологічних засад оптимізації має враховувати зовнішні фактори впливу будівельного ринку. Детерміновано, що пріоритетом для сучасних підрядних підприємств має стати провадження економічної діяльності на засадах комплексного підходу, концепція організаційного процесу якого спрямована на генерацію структурно-орієнтованих процесів. Високий рівень конкуренції на ринку галузі потенціоє підрядні підприємства до встановлення інформаційно-економічної бази щодо формування механізму оптимізації організаційного процесу. Визначений механізм імплементується під час формування стратегії економічної діяльності підрядного підприємства.

6. Визначено потенціал генетичного алгоритму як методологічного інструменту багатовимірної оптимізації організаційного процесу, концепція

якого полягає у моделюванні процесу еволюції. В дискурсі генерації оптимізаційної моделі провідною стає задача забезпечення розмноження популяції, головний принцип якої є отримання нащадка, схожого на батьківський вектор, себто ініціюється механізм успадкування на підґрунті випадковості характеристик системи. В парадигмі даної роботи задля генерації оптимізаційної моделі на засадах генетичного алгоритму еволюційного моделювання прийнято рішення щодо зведення задачі до однокритеріальної за принципом “згортання” із залежності показників вартості c будівельної роботи від її тривалості t . Аналіз оптимальної залежності вартості будівельного об’єкта від тривалості його реалізації, дозволяє встановити ліміти капіталовкладень та регулювати розподілення фінансових ресурсів підприємства на детермінованих етапах будівництва.

7. Репрезентовано ключові переваги еволюційних методів для розв’язання оптимізаційних задач на базі впровадження випадкових елементів та гранично визначених показників. Вагомою тезою імплементації генетичного алгоритму в рамках аналітико-математичної концепції визначено можливість відтворення процесів розвитку системи будівельно-монтажних робіт: отримані рішення за граничними критеріями породжують нові результати, які успадковують найкращі показники попередніх. Регулятором виступає процес мутації як випадковий імплементаційний елемент, що моделює трансформацію показників конкретного рішення та генерує нові вектори еволюції, сприяє прискоренню трансляції ефективного оптимізаційного рішення.

8. Розроблено математичний конструкт моделі оптимізації будівельного виробництва підрядних підприємств обґрунтований низкою імплементаційних характеристик генетичного алгоритму. Визначено можливість проблемно-орієнтованого кодування варіацій особин включно із стратегією вибору початкової популяції P_0 числових векторів S_x , яка реалізує здійснення процесу керованої еволюції при наявності обмежень фінансових ресурсів системи, доводить аплікативність методологічних засад генетичного

алгоритму для пошуку оптимізаційних рішень у мультикластерному просторі системи будівельно-монтажних робіт.

9. Концептуалізовано кластери генетичного алгоритму щодо ефективності пошуку розв'язків задачі оптимізації та форми інтерпретації цільової функції $Q(C, B, W)$, операторів кросовера, мутації та ймовірностей їх використання, стратегії селективного відбору та методів обчислень шляхом адаптації системи. Детермінована математична конфігурація посилила праксеологічний базис генетичного алгоритму у вирішенні завдання дискретної оптимізації організаційного процесу з мультимодальною фітнес-функцією за відсутності альтернативних методів рішення стохастичних завдань. В межах дослідження оптимізації організаційного процесу на підґрунті методологічного інструментарію еволюційного моделювання автором запропоновано алгоритм інтеграційної моделі оптимізації, базою реалізації якого є розробка мережевого графіка та календарного плану будівництва $W(T, C)$ в реальному вимірі, координація розподілення та встановлення лімітів капіталовкладень $B(b, \tau)$ протягом терміну реалізації об'єкта будівництва.

10. Репрезентовано автоматизований комплекс *CrithPath*, який в площині трансляції аналітично-розрахункової інформації та інтерфейсу є інтуїтивно зрозумілим для користувачів та користувачок, підкреслює ключові переваги генетичного алгоритму для розв'язання сформованої оптимізаційної задачі на базі впровадження випадкових елементів та гранично визначених показників організаційного процесу будівельного виробництва. Вирішальним показником стала швидкість ітераційного процесу та стійкість пошуку оптимізаційного рішення з метою оцінки практичної придатності та результативності методологічної платформи генетичного алгоритму – здатність поетапного збільшення якості популяції до потрапляння у точки локальних екстремумів.

11. Результати аналізу отриманих варіацій роботи генетичного алгоритму продемонстрували структурно-методологічну різницю, яка

стосуються форми оптимізаційних рішень, операторів кросовера, мутації та ймовірностей їх використання, стратегії селективного відбору та методів підвищення ефективності еволюційних обчислень шляхом адаптації системи будівельно-монтажних робіт за критеріями тривалості t та вартості c . Попри методологічні відмінності між різними сетингами оптимізаційних рішень результати дослідження дозволяють говорити про базові постулати, такі як універсальність і фундаментальність, що властиві еволюції незалежно від форми та рівня абстракції моделі.

12. Оптимізаційні предиктори фокусування числових векторів у локальному екстремумі при імплементованому сетингу регуляторів генетичного алгоритму детерміновано в математичній площині графіків фітнес-функції, нових розв'язків оптимізаційної задачі та показників генів в хромосомах популяції. Трансляція аналітико-графічного матеріалу для користувачів та користувачок відбувається в робочому вікні комплексу *CrithPath* по завершенню ітерацій розрахунку.

13. Отримані результати дослідження потенціюють значний аплікативний рівень генетичного алгоритму для вирішення завдань оптимізації складних систем із пошуку глобального оптимуму з виражено низьким ступенем епістазу, для яких не ідентифіковано альтернативні математичні методи рішення. Потенційно-орієнтовним імплементативним підходом окресленого методико-аналітичного інструментарію є розв'язання багатокритеріальних оптимізаційних задач із мультимодальними цільовими функціями, вирішення динамічних завдань з блукаючим оптимумом, комбінаторної оптимізації та прогнозування.

14. Проведений кластерний аналіз та проблемно-орієнтований синтез комбінаторних моделей в концептуальній площині генетичного алгоритму є одним із перспективних векторів розвитку сучасної аналітико-методологічної парадигми оптимізації будівельного виробництва. Детермінований характер динаміки трансформації вітчизняного будівельного ринку потенціює генерацію та подальшу імплементацию інструментально-ідентифікованих

моделей оптимізації організаційного процесу будівельного виробництва з метою стратегічного прогнозування та контролінгу фінансових показників протягом усього циклу реалізації будівельних об'єктів, підвищення рівня конкурентоспроможності підрядних підприємств України.

Отримані результати дозволяють сформулювати подальші напрямки дослідницької роботи, зокрема розширення конфігурації цільової функції задачі оптимізації до багатокритеріальної із врахуванням мультивекторності зовнішнього впливу ринку на рівень господарювання підрядних підприємств, імплементації комбінаторного методу модифікації процесу організації будівельного виробництва в парадигмі розробки нової моделі оптимізації на базі поєднання методологічного інструментарію генетичного алгоритму з альтернативними принципами оптимізації.

Результати дослідження рекомендовані до практичного використання підрядними підприємствами при підготовці тендерної документації, порядку реалізації та стратегічному плануванні бюджетування будівельних об'єктів; в науково-практичній площині навчального процесу за архітектурно-будівельними напрямами освіти з метою формування у майбутніх фахівців компетенцій та навичок здійснення ефективної організації будівельного виробництва, стратегічного планування та управління проєктами, адаптації процесно-економічного розвитку підрядних підприємств до динамічних трансформацій будівельного ринку в межах євроінтеграції України.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Калініченко Л. Л., Сидорова Ю. Р. Аналіз тенденцій розвитку будівельної галузі та будівельної продукції України. *Молодий вчений*. 2017. № 4.4. С. 64–68.
2. Карінцева О. І. Реструктуризація національної економіки України в умовах сталого розвитку : монографія. Суми : Універ. книга, 2018. 349 с.
3. Пелех О. Б. Циклічність економічного розвитку і структурні зміни в економіці. *Причорноморські економічні студії*. 2018. Вип. 27, ч. 1. С. 85–89.
4. Созанський Л. Й. Спеціалізація будівельного сектора економіки регіонів України і тенденції його розвитку. *Соціально-економічні проблеми сучасного періоду України*. 2018. Вип. 3. С. 49–54.
5. Беленкова О. Ю., Цифра Т. Ю. Формування стратегії забудовників в умовах економічної динаміки. *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин*. 2019. Вип. 42. С. 189–198
6. Ходжаян А. Р. Поняття структури і структурних трансформацій у системі економічних процесів. Проблеми і перспективи економіки та управління. 2017. № 4 (12). С. 42–54.
7. Кулікова Л. В. Сучасні тенденції розвитку будівельних підприємств. *Інвестиції: практика та досвід*. 2017. № 8. С. 52–55
8. Мамонов К. А., Грицьков Є. В. Стан та напрями трансформацій будівельних підприємств на сучасному етапі економічних перетворень. *Комунальне господарство міст. Сер. Економ. науки*. 2018. № 143. С. 31–33.
9. Чупир О. М., Сичова О. Є., Руденко Т. В. Провідні вітчизняні комплекси як необхідне підґрунтя для стійкого розвитку економіки України. *Економічний простір*. 2017. № 120. С. 90–100.
10. Обсяг виробленої будівельної продукції по регіонах у 2017 році. *Державна служба статистики України* : вебсайт. URL : <https://ukrstat.gov.ua> (дата звернення : 22.05.2018)

11. Обсяг виробленої будівельної продукції по регіонах у 2018 році. *Державна служба статистики України* : вебсайт. URL: <https://ukrstat.gov.ua> (дата звернення : 15.09.2019).

12. Обсяг виробленої будівельної продукції по регіонах у 2019 році. *Державна служба статистики України* : вебсайт. URL: <https://ukrstat.gov.ua> (дата звернення : 11.04.2022).

13. Бочко О. Ю., Бугаєць А. К. Тенденції інвестиційної привабливості будівельної галузі: до та в період пандемії COVID-19. *Східна Європа: економіка, бізнес та управління*. 2021. № 33. С. 76–82.

14. Сімак С. В. Теоретико-методологічні основи дослідження управління інвестиційно-будівельним комплексом. *Вчені записки Таврійського національного університету ім. В. І. Вернадського. Сер. Держ. управління*. 2021. № 4, т. 32(71). С. 17–22.

15. Обсяг виробленої будівельної продукції по регіонах у 2020 році. *Державна служба статистики України* : вебсайт. URL: <https://ukrstat.gov.ua> (дата звернення : 27.04.2022).

16. Обсяг виробленої будівельної продукції по регіонах у 2021 році. *Державна служба статистики України* : вебсайт. URL: <https://ukrstat.gov.ua> (дата звернення : 08.06.2022).

17. Індекси будівельної продукції за видами у 2011-2022 роках. *Державна служба статистики України* : вебсайт. URL: <https://ukrstat.gov.ua> (дата звернення : 14.03.2023).

18. Шумак Л. В., Філіппов О. В. Український досвід економічного розвитку проектних та будівельних підприємств у довоєнний, військовий та післявоєнний періоди. *Просторовий розвиток*. 2022. № 1. С. 165–182.

19. Науково-теоретична платформа активізації та розвитку будівництва України : монографія / І. А. Арутюнян та ін. ; за ред. І. А. Арутюнян. Запоріжжя : ЗНУ, 2020. 211 с.

20. Економіко-управлінські предиктори стратегічного девелопменту в умовах динамічного середовища впровадження проектів будівництва /

Г. М. Рижакова та ін. *Управління розвитком складних систем*. 2019. Вип. 39. С. 154–163.

21. Комеліна О. В., Харченко Ю. А., Лисенко М. В. Підходи до моделювання розвитку будівельної галузі в умовах посилення глобальних викликів. *Building innovations* : зб. наук. пр. за матеріалами III Міжнар. азерб.-укр. наук.-практ. конф., 1–2 черв. 2020 р. – Полтава : Національний університет ім. Юрія Кондратюка, 2020. С. 452–455.

22. Аналітичні інструменти діагностики систем менеджменту якості підприємств-стейкхолдерів будівельних проєктів / Ревунов О. М. та ін. *Управління розвитком складних систем*. 2021. Вип. 45. С. 161–169.

23. Божанова В. Ю., Кононова О. Е. Аналіз емпіричної бази дослідження оцінки рівня ефективності стратегій розвитку. *Вчені записки Університету “КРОК”*. 2019. № 3 (55). С. 151–163.

24. Чала В. С., Кучин І. О., Дятлова Н. В. Інтернаціоналізація будівельної галузі України: сучасний стан та перспективи. *Економічний простір*. 2021. № 176. С. 48–52.

25. Литвиненко А. О. Трансформація світового ринку в умовах глобалізації / А. О. Литвиненко, О. Д. Литвиненко // Міжнародні економічні та суспільні відносини: стан, проблеми, перспективи розвитку : монографія / за ред. Л. М. Савчук, М. В. Корнєєва. Дніпро : Пороги, 2021. С. 69–110.

26. Житар М. О. Фінансова архітектура економіки України в умовах глобальних трансформацій : монографія. Чернігів : ЧНТУ, 2020. 352 с.

27. Дучинська Н. І., Чайка Ю. М. Галузеві структурні зміни економіки України. *Інтелект XXI*. 2018. Вип. 4. С. 64–69.

28. Стрілець В. Ю. Забезпечення розвитку малого підприємництва в умовах трансформації національної економіки України : дис. ... д-ра екон. наук : 08.00.03. Суми, 2021. 496 с.

29. Гавриш О. А., Кузнецова К. О., Мельникова В. А. Ризик-менеджмент будівельних підприємств проекто-орієнтованого типу : монографія. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. 211 с.

30. Воронков О. О., Дяченко К. С. Концептуальні засади дослідження економічної безпеки будівельних підприємств. *Вісник ЖДТУ: Економіка, управління та адміністрування*. 2017. № 4(82). С. 117–124.

31. Данкевич Н. О. Підвищення ефективності організаційних рішень у складі проекту організації будівництва. *Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика*. 2019. Вип. 16. С. 38-43.

32. Мельникова В. А. Управління проектними ризиками підприємств будівельної промисловості : дис. ... д-ра філософії : 073 Менеджмент. Київ, 2020. 243 с.

33. Гергі Д. С. Трансформація методико-аналітичних підходів щодо розбудови системи антикризового менеджменту будівельних підприємств. *Формування ринкових відносин в Україні*. 2017. № 11. С. 83–92.

34. Alnoor A. Human capital dimensions and firm performance, mediating role of knowledge management. *International Journal of Business Excellence*. 2020. Vol. 20, № 2. P. 149–168.

35. Окара Д. В., Чернишев В. Г., Шинкаренко Л. В. Дослідження розвитку України на підставі індексу глобальної конкурентоспроможності. *Глобальні та національні проблеми економіки*. 2018. Вип. 22. С. 84–90.

36. Ізмайлова К. В., Белєнкова О. Ю., Моголівець А. А. Сутність економічних циклів та їх вплив на фінансову стійкість будівництва. *Наукові праці НДФІ*. 2019. № 2. С. 139–150.

37. Чернявська І. М., Ковтун Р. О. Управління організаційними змінами як напрям удосконалення діяльності організації. *Економічний вісник Дніпровського державного технічного університету*. 2022. № 2(5). С. 42–51.

38. Зінченко М. М. Змістовно-контекстуальне поле та проблематика відтворення інтелектуального капіталу на рівні будівельних підприємств. *Управління розвитком складних систем*. 2018. Вип. 33. С. 172–178.

39. Інноваційна технологія оцінки якості менеджменту будівельних підрядних підприємств / В. О. Поколенко та ін. *Управління розвитком складних систем*. 2017. Вип. 32. С. 146–152.

40. Данкевич Н. О. Формування системи вибору оптимального варіанту організаційно-технологічних рішень в умовах невизначеності та динамічності з дотриманням принципів саморегуляції. *Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика*. 2020. Вип. 18. С. 50–57.

41. Нетудихата К. Л., Прокопович Л. Б., Сачава К. О. Діагностика формування та оптимізація структури капіталу підприємств будівельної галузі. *Агросвіт*. 2020. № 3. С. 108–117.

42. Хацер М. В., Булгакова К. В. Шляхи трансформації управління конкурентоспроможністю на підприємствах України в умовах російської військової агресії. *Менеджмент та підприємництво: тренди розвитку*. 2022. № 21, т. 3. С. 45–52.

43. Зіненко К. А. Формування інформаційної бази оцінювання економічної безпеки будівельних підприємств : дис. ... д-ра філософії : 051 Економіка. Харків, 2023. 249 с.

44. Оновлення інструментарію економіко-управлінської реконфігурації бізнес-процесів будівельних підприємств у контексті сучасної парадигми цифровізації економіки / Х. М. Чуприна та ін. *Управління розвитком складних систем*. 2021. Вип. 46. С. 131–140.

45. Соболева Т. О., Наумович Ю. І. Фактори впливу на конкурентне середовище будівельних організацій. *Вісник Хмельницького національного університету*. 2022. № 1. С. 64–67.

46. Шпаков А. В. Розвиток методологічних підходів та інструментальних засобів управління змінами будівельних стейкхолдерів. *Вчені записки Таврійського нац. університету ім. В. І. Вернадського. Сер. Економіка і управління*. 2021. № 5, т. 32(71). С. 43-48.

47. Оскома О. В. Планування діяльності будівельного підприємства на основі контролінгу : дис. ... канд. екон. наук : 08.00.04. Дніпро, 2018. 225 с.

48. Сучасна технологія моделювання організаційної підготовки та економіко-управлінського супровіду стейкхолдерів будівництва /

Г. В. Шпакова та ін.. *Управління розвитком складних систем*. 2022. Вип. 52. С. 126–134.

49. Комеліна О. В., Лисенко М. В., Харченко Ю. А. Моделювання можливих тенденцій розвитку будівельної галузі регіону за інтегральним показником. *Проблеми системного підходу в економіці*. 2020. Вип. 5(79). С. 121–127.

50. Побудова цифрових компонентів інструментарію антикризового менеджменту будівельних підприємств / А. П. Гижко та ін. *Управління розвитком складних систем*. Вип. 45. С. 131–140.

51. Прикладні підсистеми аналітичного супроводу інституційних учасників при реалізації проєктів ДПП у будівництві / В. В. Григоренко та ін. *Управління розвитком складних систем*. 2021. Вип. 45. С. 141–149.

52. Надточій І. І. Трансформація територій та реінжиніринг бізнес-процесів як базові технології управління. *Економічні горизонти*. 2021. № 3(14). С. 45–54.

53. Криворучко Г. В. Інформаційно-аналітичне забезпечення бюджету діяльності будівельних підприємств : дис. ... д-ра екон. наук : 08.00.04. Харків, 2019. 332 с.

54. Литвиненко О. В. Нові вимоги до технічної прийнятності будівельної продукції як складова системи забезпечення якості будівництва. *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин*. 2021. Вип. 47, ч. 1. С. 108–118.

55. Шведун В. О., Грень Л. М. Державна інноваційна політика вдосконалення інвестиційно-будівельного комплексу України. *Публічне управління та регіональний розвиток*. 2020. № 10. С. 1092–1105.

56. Карінцева О. І. Дослідження структури економіки України та формалізація взаємозв'язку між виробництвом, капіталом та інвестиціями за видами економічної діяльності. *Проблеми і перспективи розвитку підприємництва*. 2017. № 1. С. 45–54.

57. Сорокіна Л. В., Гойко А. Ф. Дослідження резервів підвищення прибутковості підприємств будівництва. *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин*. 2020. Вип. 46. С. 79–93.

58. Сімак С. В. Дослідження змісту стратегії розвитку інвестиційно-будівельного комплексу та методологічних основ його формування. *Вчені записки Таврійського національного університету ім. В. І. Вернадського. Сер. Державне управління*. 2021. № 4, т. 32 (71). С. 35–40.

59. Кононова О. Є., Головченко Є. Ю. Сутність та зміст стратегічного управління будівельним підприємством, його особливості та переваги. *Науковий вісник Ужгородського національного університету. Сер. Міжнародні економічні відносини та світове господарство*. 2017. Вип. 16, ч. 1. С. 145–149.

60. Визначення особливостей системоутворюючих факторів ціннісно-орієнтованого менеджменту в проєктах будівництва / Д. А. Рижаков та ін. *Управління розвитком складних систем*. 2020. Вип. 43. С. 182–191.

61. Процесно-структурні трансформації як пріоритетний вектор розвитку інноваційної платформи будівельного девелопмента / Д. О. Приходько та ін. *Управління розвитком складних систем*. 2021. Вип. 48. С. 114–124.

62. Ланьо О. О. Державно-приватне партнерство як інноваційна форма розвитку будівельної сфери. *Наук. вісник Полісся*. 2019. № 3(19). С. 91–97.

63. Кіндзерський Ю. В. (2022). Повоєнне відновлення промисловості України: виклики та особливості політики. *Економічний аналіз*. 2022. Т. 32, № 2. С. 101–117.

64. Захарченко В. І. Відновлення України від наслідків війни на засадах неоекономіки: секторальний та просторовий підходи. *Український географічний журнал*. 2022. № 4. С. 23–36.

65. Мурсьова О. В., Григоровський П. Є., Червяков Ю. М. Аналіз організаційних рішень інструментального моніторингу прилеглої забудови в

умовах впливу нового будівництва. *Нові технології в будівництві*. 2019. № 36. С. 3–8.

66. Оптимізація тривалості реконструкції громадської будівлі за фінансових і організаційних обмежень / О. І. Менеїлюк та ін. *Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту*. 2020. № 189. С. 21–27.

67. Менеїлюк І. О., Нікіфоров О. Л. Варіантний розрахунок окупності будівництва за різних організаційних та фінансових умов. *Вісник Національного університету Львівська політехніка. Сер. Теорія і практика будівництва*. 2019. Вип. 912. С. 125–131.

68. Оновлення моделей організації будівництва в контексті їх адаптогенності до сучасних управлінських та цифрових технологій / М. А. Дружинін та ін. *Управління розвитком складних систем*. 2022. Вип. 52. С. 73–83.

69. Модернізація економічного розвитку будівельних організацій : детермінанти моделі та пріоритети стратегії / О. М. Малихіна та ін. *Управління розвитком складних систем*. 2018. Вип. 34. С. 152–160.

70. Павлов І. Д., Полтавець М. О., Павлов Ф. І. Системне управління організаційно-технологічною надійністю виробничих процесів в будівництві. *Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика*. 2020. Вип. 17. С. 53–61.

71. Данкевич Н. О. Інноваційні підходи підвищення ефективності управління будівельними проєктами. *Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика*. 2021. Вип. 20. С. 5–12.

72. Маслова В. О., Каличева Н. Є., Шевченко Р. В. Підвищення ефективності діяльності підприємств будівельної галузі в сучасних умовах господарювання. *Вісник економіки транспорту та промисловості*. 2019. № 68. С. 151–157.

73. Алтухова Д. В. Математична модель розрахунку тривалості будівництва. *Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури*. 2017. Вип. 69. С. 140–147.

74. Регіда О. В., Терещук М. О. Деякі перспективи розвитку сучасного комп'ютерного будівельного моделювання. *Управління розвитком складних систем*. 2020. Вип. 42. С. 119–124.

75. Зельцер Р. Я., Беленкова О. Ю., Дубінін Д. В. Інноваційні моделі і методи організації, управління і економічної оцінки технологічних процесів будівельного виробництва : монографія. Київ : Леся, 2018. 208 с.

76. Титок В. В. Організаційно-економічний механізм взаємодії учасників інвестиційно-будівельного процесу. *Будівельне виробництво*. 2019. № 66. С. 72–78.

77. Беленкова О. Ю. Переваги впровадження контролінгу в плануванні діяльності будівельних підприємств. *Інвестиції: практика та досвід*. 2018. № 10. С. 47–50.

78. Беленкова О. Ю., Дубінін Д. В., Калашніков Д. П. Цифрова трансформація будівництва і девелопменту територій як імператив формування стратегій учасників будівельного процесу. *Містобудування та територіальне планування*. 2022. № 81. С. 13–22.

79. Структурно-когнітивна та економіко-аналітична основа цифрової трансформації процесів адміністрування будівельними підприємствами / А. В. Шпаков та ін. *Управління розвитком складних систем*. 2021. Вип. 48. С. 135–144.

80. A review on risk management implementation in the construction industry / Salleh F. and other. *Journal of Critical Reviews*. 2020. Vol. 11, № 7. P. 562–567.

81. Організація будівництва : навч. посіб. / укл.: О. В. Лізунков, В. В. Дарієнко, І. О. Скриннік. Кропивницький : ЦНТУ, 2020. 145 с.

82. Вартісно-інжинірингові компоненти попередження економічних деструкцій в діяльності учасників проєктів будівельного девелопменту / В. Є. Бінд та ін. *Управління розвитком складних систем*. 2021. Вип. 45. С. 121–130.

83. Кістіон Д. В. Аналітичний базис забезпечення стабільності та розвитку підприємств підрядного будівництва. *Управління розвитком складних систем*. 2019. Вип. 39. С. 118–125.

84. Стратегічні та провідні домінанти подолання економіко-управлінських девіацій проектів будівництва із використанням методів вартісного інжинірингу / В. Є. Бінд та ін. *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринк. відносин*. 2020. Вип. 46. С. 217–229.

85. Цифрова трансформація процесів ресурсно-логістичного та організаційно-структурного забезпечення будівництва / Р. Я. Зельцер та ін. *Наука та інновації*. 2019. Т. 15, № 5. С. 38–51.

86. Петруха Н. М., Кучеренко О. І. Детермінанти моделі та пріоритети стратегії мультифункціонального девелопменту інвестиційних проектів. *Актуальні проблеми освітнього процесу в контексті європейського вибору України* : зб. матер. IV Всеукр. круглого столу з міжнар. участю, 17 лист. 2021 р. Київ : КНУБА, 2022. С. 198–201.

87. Концептуальна модель диференційованого залучення джерел ресурсного забезпечення інвестиційно-будівельних проектів / Г. М. Рижакова та ін. *Містобудування та територіальне планування*. 2019. № 71. С. 283–300.

88. Development of a mathematical model for selection and rationale for making optimal construction decisions / I. Arutiunian and other. *Advances in Mathematics: Scientific Journal*. 2020. Vol. 9, № 12, P. 10649-10659.

89. Управління системою забезпечення матеріально-технічними ресурсами в будівництві : монографія / за ред. П. П. Микитюка. Тернопіль : ЗУНУ, 2022. 206 с.

90. Хоменко Н. Ю. Наукова предикація управління інноваційними системами будівельних підприємств. *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин*. 2018. Вип. 36. С. 41–45.

91. Нікогосян Н. І., Литвиненко О. В. Вдосконалення підходів до проведення та етапи моніторингу якості будівництва. *Шляхи підвищення*

ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин. 2019. Вип. 41. С. 130–140.

92. Сучасна технологія економічної діагностики в системі процесно-структурованого менеджменту будівельних організацій / Д. А. Рижаків та ін. *Формування ринкових відносин в Україні. 2020. Вип. 1. С. 77–84.*

93. Процесно-структурні трансформації як пріоритетний вектор розвитку інноваційної платформи будівельного девелопмента / Д. О. Приходько та ін. *Управління розвитком складних систем. 2021. Вип. 48. С. 114–124.*

94. Демидова О. О., Новак Є. В. Причини відхилень параметрів будівельного процесу у житловому будівництві. *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин. 2018. Вип. 35. С. 24–28.*

95. Клименко Є. В., Фроліна К. Л. Підвищення інвестиційної привабливості будівель шляхом впровадження оптимальної стратегії експлуатації. *Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. 2018. Вип. 36. С. 380–388.*

96. Mishra S., Soumya Sahoo S., Das M.. Genetic algorithm: an efficient tool for global optimization. *Advances in Computational Sciences and Technology. 2017. Vol. 10, № 8. P. 2201–2211.*

97. Огляд сучасного використання генетичних та еволюційних алгоритмів. Стратегії, можливості (оглядова стаття) / О. В. Бондаренко та ін. *Вісник Національного технічного університету “ХПІ”. Сер. Машинознавство та САПР. № 2. С. 6–16.*

98. Muz S. An adaptive approach to controlling parameters and population size of evolutionary algorithm. *Journal of Physics: Conference Series. 2020. Vol. 1430. P. 1–9.*

99. Genetic algorithm based on natural selection theory for optimization problems / M. A. Albadr and other. *Symmetry. 2020. Vol. 11, № 12. P. 1–31.*

100. Реалізація генетичного алгоритму шляхом застосування продукційних правил / М. І. Цюцюра та ін. *Управління розвитком складних систем*. 2019. Вип. 39. С. 64–68.

101. Шадура О. В. Метод головних компонент і оптимізація пакетів фізичного моделювання за допомогою генетичних алгоритмів. *Вісник Університету “Україна”*. 2019. № 1(22). С. 298–309.

102. Гук Н. А., Гук М. К., Шаповал І. П. Налаштування параметрів генетичного алгоритму для розв'язання задачі оптимізації топології сенсорної мережі. *Питання прикладної математики та математичного моделювання*. 2018. Вип. 18. С. 57–65.

103. Shaw R. N., Basu D., Chowdhury S. A comparative study between non-iterative zero tolerance method with evolutionary algorithm method for economic load dispatch. *International Journal of Scientific & Engineering Research*. 2018. Vol. 9, № 4. P. 207–213.

104. Суприган О. І., Ваховська Л. М. Комбінування генетичних алгоритмів в елементах штучної нейронної мережі. *Оптикоелектронні інформаційно-енергетичні технології*. 2019. Т. 37, № 1. С. 5–10.

105. Шаповалова Н. Н., Рибальченко О. Г., Куропятник Д. І. Аналіз методів оптимізації функціоналу якості моделей машинного навчання. *Вісник Криворізького національного університету*. 2018. Вип. 46. С. 104–111.

106. Database optimization using genetic algorithms for distributed / Aponsoa G. C. A. L. and other. *Databases International Journal of Computer*. 2017. Vol. 24, № 1. P. 23–27.

107. Цифрові технології як інноваційні тренди структурно-трансформаційних зрушень у системі управління підприємств-стейкхолдерів будівництва / Д. О. Чернишев та ін. *Управління розвитком складних систем*. 2021. Вип. 46. С. 118–130.

108. Пчелянський Д. П., Воїнова С. А. Штучний інтелект: перспективи та тенденції розвитку. *Автоматизація технологічних і бізнес-процесів*. 2019. Т. 11, № 3. С. 59–64.

109. Оптимізація строків і вартості інвестиційно-будівельних проектів шляхом деталізації складових життєвого циклу об'єктів з використанням інформаційного моделювання / М. О. Шебек та ін. *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин*. 2019. Вип. 41. С. 54–62.

110. Ісаєнко Д. В. Структура та особливості методології побудови системи технічного регулювання в будівництві. *Наука та будівництво*. 2019. № 1. С. 25–29.

111. Розвиток науково-методологічних та аналітичних підходів щодо вияву впливу екоінновацій на рівень організаційно-технологічної надійності будівництва / Д. О. Чернишев та ін. *Управління розвитком складних систем*. 2021. Вип. 47. С. 138–150.

112. Шапошнікова І. О. Сучасні підходи до формування проектів розвитку будівельних підприємств. *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин*. 2020. Вип. 46. С. 126–135.

113. Мельникова В. А. Організаційно-методичний механізм оцінки проектних ризиків підприємств будівельної промисловості. *Бізнес Інформ*. 2020. № 3. С. 444–452.

114. Sahebjamnia N., Torabi S. A., Mansouri S. A. Building organizational resilience in the face of multiple disruptions. *International Journal of Production Economics*. 2018. № 197. P. 63–83.

115. Дружинін А. В., Давиденко О. А. Планування строку і ціни в складі договору підряду на будівництво об'єкта. *Комунальне господарство міст. Сер. Економічні науки*. 2018. № 141. С. 2–5.

116. Заяць Є. І., Кравчуновська Т. С., Ткач Т. В. Організація спорудження висотних будівель : навч. посіб. Дніпро : Журфонд, 2021. 103 с.

117. Сєдих О. Л., Чобану В. В. Оптимізація мережевого графіка комплексу робіт. *Modern engineering and innovative technologies*. 2018. Т. 1., № 3. С. 61–67.

118. Saieg P., Sotelino E. D., Nascimento D., Caiado R. G. G. Interactions of building information modeling, lean and sustainability on the architectural,

engineering and construction industry: a systematic review. *Journal of cleaner production*. 2018. Vol. 174. P. 788–806.

119. Інноваційні напрями оновлення операційних систем будівельних підприємств в умовах нестабільного бізнес-середовища проєкту / Р. Б. Аксельрод та ін. *Управління розвитком складних систем*. 2021. Вип. 48. С. 102–113.

120. Безлюдна К. С., Бобир О. І. Управління проєктами як складова частина фінансового інжинірингу. *Економічний простір*. 2021. № 175. С. 120–125.

121. Ступнікер Г. Л., Зозуля Н. В. Особливості оцінювання результативності діяльності будівельного підприємства в контексті зростання його конкурентних переваг. *Східна Європа: економіка, бізнес та управління*. 2021. № 6(33) С. 176–180.

122. Аксельрод Р. Б., Трач Р. В. Сучасні економіко-організаційні імперативи будівельного девелопменту в проєктах адміністрування стратегічними змінами підприємств. *Управління розвитком складних систем*. 2022. Вип. 49. С. 90-96.

123. Ісаєнко Д. В., Ключко А. А., Яценко О. Ф. Аналіз проблеми цифровізації сфери технічного регулювання в будівництві. *Управління розвитком складних систем*. 2020. Вип. 43. С. 91-96.

124. Моголівець А. А. Система випереджальних індикаторів для будівельних підприємств України. *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин*. Вип. 36. С. 51–56.

125. Єршова Н. М., Вельмагіна Н. О., Чуприна Н. С. Створення спільних підприємств із виробництва та збуту продукції на основі методів оптимізації та комп'ютерного моделювання. *Наука і техніка сьогодні*. 2022. № 4(4). С. 148–162.

ДОДАТКИ

Додаток А

Список опублікованих праць здобувача за темою дисертації

Статті в наукових періодичних виданнях інших держав із напрямку, з якого підготовлено дисертацію:

1. Innovative models of choice and substantiation of adoption of optimal organizational-technological decisions of construction production / I. Arutiunian and other. *Journal of Critical Reviews*. 2020. Vol. 7, № 14. P. 506-508. Видання індексується в OAI, CNKI (China Knowledge Resource Integrated Database), LOCKKS, Open J-Gate, Google Scholar, OCLC (World Digital Collection Gateway), UIUC. DOI: 10.31838/jcr.07.14.87.

2. Development of a mathematical model for selection and rationale for making optimal construction decisions / I. Arutiunian and other. *Advances in Mathematics: Scientific Journal*. 2020. Vol. 9, № 12. P. 10649-10659. Видання індексується в Scopus, Zentralblatt MATH, Worldcat, MathSciNet (Mathematical Review). DOI: 10.37418/amsj.9.12.50.

Статті у наукових фахових виданнях України категорії «Б», які включено до міжнародних наукометричних баз:

3. Детермінація концептуальних підходів щодо облігаторності впровадження оптимізаційних моделей будівельного виробництва для вітчизняних підрядних підприємств / А. В. Радкевич та ін. *Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика*. 2017. Вип. 12. С. 78–86. Видання індексується в CrossRef, Ulrichsweb Global Serials Directory, WorldCat, Google Scholar. DOI: 10.15802/bttrp2017/167826.

4. Радкевич А. В., Арутюнян І. А., Сайков Д. В. Моделі оптимізації організаційних процесів будівельного виробництва підрядних підприємств України. *Управління розвитком складних систем*. 2018. Вип. 33. С. 124–130. Видання індексується в Bielefeld Academic Search Engine (BASE),

Ulrichsweb Global Serials Directory, Index Copernicus, Google Scholar. DOI: 10.32347/2412-9933.2018.33.

5. Радкевич А. В., Арутюнян І. А., Сайков Д. В. Оптимізація організаційних процесів будівельного виробництва як формотворча складова конкурентоспроможності підрядних підприємств. *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин*. 2018. Вип. 35. С. 64–73. Видання індексується в Google Scholar, Base. DOI: 10.32347/2707-501x.2018.35.64-73.

6. Радкевич А. В., Арутюнян І. А., Сайков Д. В. Аналіз концепції формування рівня конкурентоспроможності підрядних підприємств України в умовах динамічних трансформацій вітчизняного будівельного ринку послуг. *Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика*. 2018. Вип. 14. С. 37–48. Видання індексується в CrossRef, Ulrichsweb Global Serials Directory, WorldCat, Google Scholar. DOI: 10.15802/bttrp2019/152872.

7. Радкевич А. В., Арутюнян І. А., Сайков Д. В. Концептуалізація теоретико-методологічної парадигми розрахунку будівельного заділу в розрізі імплементаційних засад оптимізації організаційних процесів будівельного виробництва підрядних підприємств. *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин*. 2019. Вип. 39, ч. 1. С. 51–59. Видання індексується в Google Scholar, Base. DOI: 10.32347/2707-501x.2019.39.51-59.

8. Arutiunian I. A., Dankevych N. O., Saikov D. V. Efficiency evaluation of organisational processes system in a building production with simulation modeling for contracting companies. *Bridges and Tunnels: Theory, Research, Practice*. 2021. Vol. 19. P. 99–107. Видання індексується в CrossRef, Ulrichsweb Global Serials Directory, WorldCat, Google Scholar. DOI: 10.15802/bttrp2021/233993.

9. Сайков Д. В. Концептуальні формації оптимізаційної моделі організації будівельного виробництва підрядних підприємств на платформі еволюційного моделювання. *Мости та тунелі: теорія,*

дослідження, практика. 2022. Вип. 21. С. 87–96. Видання індексується в CrossRef, Ulrichsweb Global Serials Directory, WorldCat, Google Scholar. DOI: 10.15802/bttrp2022/258273.

Праці апробаційного характеру:

10. Сайков Д. В. Оптимізація будівельного виробництва підрядних організацій на базі програмних модулів. *Перезавантаження будівництва: економіка, організація, менеджмент* : програма та тези доп. III Міжнар. наук.-практ. конф., 15-16 лист. 2017 р. Київ : КНУБА, 2017. С. 152–155.

11. Saikov D. V., Arutiunian I. A. Enhancing the competitiveness level of contracting companies based on optimization for organizational processes of building production. *Formation of Educational Space in the Conditions of Informational Society* : Materials of the International Scientific and Practical Internet Conference, April 26-27, 2018. Zaporizhzhia : ZSEA, 2018. P. 76–77.

12. Радкевич А. В., Арутюнян І. А., Сайков Д. В. Асиміляція теоретичних засад розрахунку будівельного заділу до методології оптимізаційних моделей організації будівельного виробництва вітчизняних підприємств. *Ефективні технології в будівництві* : програма та тези доп. IV Міжнар. наук.-техн. конф., 27-28 бер. 2019 р. Київ : Видавництво Ліра-К, 2019. С. 80–81.

13. Сайков Д. В., Арутюнян І. А. Впровадження оптимізаційних моделей як метод контролінгу та забезпечення показників організаційних процесів будівельного виробництва. *Наукові та практичні підходи до проведення економічних, товарознавчих, будівельних експертиз* : матеріали круглого столу, 24 квіт. 2019 р. Запоріжжя : ЗНУ, 2019. С. 60–64.

14. Радкевич А. В., Арутюнян І. А., Сайков Д. В. Становлення сучасних регіональних будівельних ринків в умовах динамічних економічних перетворень. *Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту* : матеріали 79-ої Міжнар. наук.-практ. конф., 16-17 трав. 2019 р. Дніпро : ДНУЗТ, 2019. С. 267–269.

15. Radkevych A. V., Arutiunian I. A., Saikov D. V. Modern approach in optimization for organization of building production of contracting companies. *Economic-Administrative and Informative-Analytical Innovations in Construction* : Conference Program and Papers of the International Scientific-Practical Conference, May 23-24, 2019. Kyiv : KNUCA. P. 41–42.

16. Arutiunian I. A., Saikov D. V. The place of building term reserve in concept of organizational processes optimization for building production of contracting companies. *Eastern European Conference of Management and Economics* : Proceedings of the 1st International Scientific Conference, May 24, 2019. Ljubljana : LSB. P. 159–161.

17. Saikov D. V. Logocentric paradigm of evolutionary modeling implementation in locus of construction production optimisation. *Formation of Modern Concepts for Organisation Management and Administration in Digitalisation Conditions* : Proceeding of International Scientific and Practical Conference, September 23-24, 2021. Zaporizhzhia : ZNU, P. 679–683.

Додаток Б

Довідки про впровадження результатів дисертаційного дослідження



УКРАЇНА

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

вул. Жуковського, 66, м. Запоріжжя, МСП-41, 69600, Україна
тел.: (061) 764-45-46, факс: (061) 228-75-08, e-mail: znu@znu.edu.ua, Код ЄДРПОУ 02125243

06.11.2023 № 04/01-13/121

ДОВІДКА

про впровадження результатів дисертаційної роботи аспіранта кафедри
промислового та цивільного будівництва

Сайкова Данила Володимировича

Результати досліджень, викладені в дисертаційній роботі Сайкова Данила Володимировича на тему “Моделі оптимізації організаційного процесу будівельного виробництва підрядних організацій в умовах нестійкого ринку України”, впроваджені в навчальний процес при проведенні практичних занять в Запорізькому національному університеті Інженерного навчально-наукового інституту імені Ю. М. Потебні на кафедрі промислового та цивільного будівництва для першого рівня вищої освіти (бакалавр) у дисциплінах “Організація будівництва” та на другому рівні вищої освіти (магістр) у дисципліні “Техніко-економічне обґрунтування проєктних рішень” спеціальності 192 “Будівництво та цивільна інженерія” за освітньою програмою “Промислове і цивільне будівництво”.

Проректор з наукової роботи,
доктор історичних наук, професор



Геннадій ВАСИЛЬЧУК

ТОВ «АБК МЕГА»

Україна, 70411, Запорізька область, Запорізький район, с. Володимирівське,
вул. Корнєєва, 7А

Тел.моб. +380676120901

E-mail: abk.mega.zp@gmail.com, Код ЄДРПОУ 43876444

ДОВІДКА

**про впровадження результатів дисертаційного дослідження Сайкова Д. В.
на тему “Моделі оптимізації організаційного процесу будівельного виробництва
підрядних організацій в умовах нестійкого ринку України”**

Для подання в спеціалізовану вчену раду
з присудження наукового ступеня
доктора філософії

ТОВ “АБК МЕГА” були впроваджені результати дисертаційного дослідження, що подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії, на тему “Моделі оптимізації організаційного процесу будівельного виробництва підрядних організацій в умовах нестійкого ринку України” в систему внутрішнього управління та організації будівельного виробництва на поточних та при підготовці до реалізації перспективних будівельних об’єктів.

Розроблений здобувачем Сайковим Д. В. автоматизований розрахунковий комплекс CrithPath забезпечив оптимізацію стратегічного календарного плану будівництва в розрізі критеріальної системи будівельно-монтажних робіт шляхом раціонального розподілення капіталовкладень продовж усього циклу реалізації об’єктів будівництва.

Директор ТОВ “АБК МЕГА”



Максим Козлов

**ПП
"АЛСТЕП"**

ПРИВАТНЕ ПІДПРИЄМСТВО "АЛСТЕП"
Україна 69091, м.Запоріжжя, бул.Гвардійский,149/40
Тел.моб. +380676144771
E-mail: alstepcompany@ukr.net
Код ЄДРПОУ № 31831060

ДОВІДКА

про впровадження результатів дисертаційного дослідження

Довідка видана ПП "АЛСТЕП" здобувачу наукового ступеня доктора філософії Сайкову Д. В. щодо використання результатів дисертаційного дослідження на тему "Моделі оптимізації організаційного процесу будівельного виробництва підрядних організацій в умовах нестійкого ринку України" при розробці проєктно-кошторисної документації об'єкта будівництва: "Капітальний ремонт житлового будинку по вул. Сталеварів, 16 з відновленням несучих конструкцій після потрапляння боєприпасів в м. Запоріжжя. І черга".

Розроблена здобувачем модель оптимізації організаційного процесу дозволила підвищити адаптогенність та гнучкість системи будівельно-монтажних робіт до сучасної кон'юнктури будівельного ринку в розрізі організації будівельного виробництва при розробці ПОБ та ПВР на будівельно-монтажні роботи об'єкта будівництва з метою його подальшої ефективної реалізації підрядним підприємством.

Довідка видана для надання в спеціалізовану вчену раду з присудження наукового ступеня доктора філософії.

Директор ПП "АЛСТЕП"



Олексій Степаніщев